

ÁUDIO 3D EM JOGOS¹

David Blanco Varela Junior²
Cleberson Eugenio Forte³

RESUMO

A evolução da tecnologia empregada no desenvolvimento de jogos digitais possibilitou a utilização de áudio nos jogos e com isso, aumentou sua diversão. O áudio 3D está presente nos jogos de última geração e oferece uma experiência de imersão que apenas este formato possibilita. Este sistema de áudio está ligado diretamente aos elementos gráficos do jogo e é parte fundamental para seu sucesso. Assim, este trabalho apresenta a definição do termo áudio 3D, como sua origem e o processo de gravação deste tipo de formato, os equipamentos de software e hardware necessários para se gravar e editar som tridimensional e uma breve história de como o áudio ganhou importância nos jogos ao longo do tempo, bem como as vantagens de empregar este tipo de áudio em um jogo.

Palavras Chave: Áudio 3D, Áudio Binaural, Áudio em Jogos.

ABSTRACT

The evolution of technology used in digital game development allowed the use of audio in games and this adds to the fun. The 3D audio is present in the latest generation games and offers an immersive experience that only this format allows. This audio system is connected directly to the graphics of the game and is a key to its success. Thus, this paper presents the definition of 3D audio, as their origin and the process of recording this type of format, equipment, software and hardware needed to record and edit three-dimensional sound and a brief history of how the audio has become more important in games over time, as well as the advantages of using this type of audio in a game.

Keywords: 3D audio, Binaural audio, Audio in Games.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais o áudio em games é tão importante quanto seus elementos gráficos, sua parte visual. O áudio para games pode ser sutil com efeitos eletrônicos e cliques de botão, ou chamativo, como explosões e música instrumental. O áudio define o clima do jogo e sua atmosfera, intensificando a satisfação do jogador. O visual de um jogo, que são seus elementos gráficos, atrai a princípio o jogador, mas o som é um dos elementos mais importantes e responsáveis por imergi-lo na história e fazer com que realmente possa se sentir dentro do jogo. Fato este que a qualidade do áudio atualmente utilizado em jogos produz sons quase idênticos ao escutado naturalmente, ao contrário dos elementos gráficos que, apesar de toda capacidade dos consoles, não conseguem chegar a um nível de detalhamento e complexidade de uma imagem real.

Como o áudio em jogos chega por todas as direções ao jogador, ele realmente tem a sensação de estar na pele do personagem do jogo. A música pode intensificar a excitação da ação, avisando sobre algum perigo ou criar a atmosfera dependendo do momento do jogo, se é cômico ou de suspense, por exemplo (NOVAK, 2010).

Embora a tecnologia para se produzir o áudio 3D não seja recente, a forma com que a percebemos hoje é muito superior e chega a impressionar pelo realismo da percepção sonora. Pesquisadores e pessoas que tiveram a experiência com o áudio 3D relatam que se fecharem os olhos a sensação é de realmente estar no local onde contém os sons que está se ouvindo, como em um salão cortando os cabelos ou em uma floresta cheia de animas e pássaros.

Os jogos eletrônicos até mais que o cinema, é o segmento que mais aproveita desses recursos, pois como possui uma narrativa não linear, onde a cada interação que o jogador faz no jogo ele deve responder de forma distinta, deve criar uma atmosfera convincente e rica nos detalhes sonoros para que o jogador

¹ Artigo baseado em Trabalho e Conclusão de Curso (TCC) desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação da Faculdade de Tecnologia de Americana, depositado no 2º semestre de 2011.

² Tecnólogo em Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação – Fatec Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza ; Contato: david.jur@gmail.com.

³ Prof. Me. Fatec Americana - Graduação em Multimídia Computacional e Mestre em Ciência da Computação; Contato: cleberforte@hotmail.com.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

possa ser totalmente imerso no ambiente do jogo. Como o jogo é interativo o usuário possui um envolvimento muito maior e com o áudio 3D esse envolvimento eleva-se a níveis altíssimos, com todos os detalhes que o áudio pode oferecer não haverá distinção de um ambiente real ao mostrado no jogo.

O áudio 3D vem fascinando os pesquisadores há muito tempo, mas até recentemente este recurso vem sendo pouco explorado pelas indústrias de entretenimento. Parte deste motivo é a falta de compatibilidade entre fones de ouvido e alto falantes, pois em se tratando de áudio 3D o meio pelo qual ele será ouvido faz toda a diferença. Os pesquisadores buscam desenvolver falantes que possam reproduzir a sutileza e o fascínio de se ouvir um som em três dimensões com os mesmos detalhes e imersão que ele provoca ao ouvirmos com fones de ouvido. Talvez este seja um grande desafio.

O áudio 3D pode ser utilizado em algumas áreas como aplicações de realidade virtual, simuladores de voo, treinamento de forças governamentais e no mundo do entretenimento como cinema e jogos eletrônicos (RUMSEY, 2001).

A música é um recurso poderoso e tendo as imagens certas junto com um bom áudio, a experiência com o jogo torna-se pura “magia”.

O cinema possui um método forte para manipular as emoções das pessoas e esse recurso vem sendo utilizados em jogos eletrônicos. Filmes são lineares, pode-se apertar o play, pausar, voltar e todas as cenas vão aparecendo de forma sequencial. O designer de som sabe exatamente em que parte vai inserir determinado efeito ou música para intensificar uma cena.

Já os jogos não são lineares, todas as ações ficam a critério do jogador, o que exige que se utilizem métodos diferentes dos utilizados nos filmes. Com a interação que um jogo proporciona e um trabalho de áudio bem realizado a imersão provocada no jogador é bem maior e intensa do que em qualquer filme (MARKS, 2009).

No segundo capítulo com o tema Áudio 3D, serão abordadas as definições deste tipo de som, como a diferenciação entre o áudio 3D e do *sorroud*, uma breve história de sua criação e como os canais de rádio transmitiam e as pessoas podiam ouvir o som binaural. Neste mesmo capítulo encontra-se uma breve explicação dos diferentes tipos de som *sorroud* que existem atualmente.

No terceiro capítulo intitulado Processo de Gravação de Áudio 3D serão expostas as principais técnicas utilizadas por profissionais em estúdios de gravação para se obter o som 3D. Equipamentos como o *Dummy Head*, no termo em inglês, e microfones de alta sensibilidade serão mostrados, junto com sua localização no estúdio e no manequim para serem captados. Os principais softwares de edição, mixagem, masterização e ordenação de áudio para trabalhar o áudio binaural depois de gravado utilizado por profissionais e pessoas comuns que queiram trabalhar nesta área serão mostrados também, junto com o nome das principais empresas da área que já produzem ferramentas profissionais e produzem áudio deste tipo para jogos eletrônicos.

No quarto capítulo, intitulado Softwares e Hardwares para Gravação e Reprodução de Áudio 3D, serão mostrados os principais softwares de gravação e edição de áudio utilizado por profissionais, como o *Pro Tools da Avid*, que praticamente domina o mercado de áudio profissional e o também conhecido *Sound Forge da Sony*. Será exposta também uma alternativa aos caros softwares de edição para quem não pode investir muitos recursos nesta área ou para quem está apenas começando, mas também não quer estar fora do padrão atual e poderá com o software *Audacity*, gravar e editar som *sorroud*, pois além de uma boa opção ele possui licença gratuita.

No quinto capítulo, mostra-se os principais algoritmos desenvolvidos para equipamentos que reproduzem áudio 3D, como os da *QSound* serão abordados e alguns modelos de placas de som que são fundamentais para obter uma boa gravação e reprodução de áudio.

O capítulo Áudio 3D em Jogos e sua Vantagem, descreve uma breve história do áudio em jogos digitais e demonstra, ainda que de forma simples, como a indústria de jogos evoluiu em se tratando de áudio e que atualmente para o jogo ser competitivo ele deve oferecer a experiência de se ouvir um som 3D e explorar os recursos que esse formato possibilita.

Ao decorrer dos capítulos, pode-se observar o quanto o mercado de jogos pode se beneficiar através do emprego de áudio 3D, por toda sua interatividade e atmosfera que propicia envolver o jogador completamente. Apesar de o *sorroud* ser o sistema mais indicado para *home theaters* como será explicado adiante, o som binaural é um diferencial para o jogo eletrônico que o utiliza. Como desde o processo de gravação ele se difere do *sorroud* o resultado que se obtém de realismo ao escutarmos um som deste tipo é espantoso e o jogo que se utilizar deste sistema com certeza oferecerá ao jogador uma imersão e realismo muito superior que o áudio tradicional.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

2 ÁUDIO 3D

Atualmente a indústria do cinema e de jogos eletrônicos se encontra em fase de transição, pois com o amadurecimento da tecnologia de imagens 3D a tendência é que a maioria das grandes produções passe a utilizar este recurso. O áudio também possui três dimensões. Os tipos de som que possibilitam ao usuário a noção tridimensional são dois: o *sorroud* e o binaural, utilizando fones de ouvido.

O som binaural é obtido através do uso de manequins, para gravar os sons da mesma forma que o áudio é captado pelos ouvidos. Para ouvir este tipo de áudio o uso de fones de ouvido é recomendado, pois a qualidade é muito superior do que utilizando alto falantes. Mais adiante será explicado o processo de gravação.

O *sorroud sound* é mais usado em salas de cinema e alguns *home theaters* tentam reproduzi-lo, mas o áudio binaural oferece uma sensação de imersão maior. Diferente do sistema *sorroud 5.1* usado em home theater, o potencial do som binaural é percebido utilizando fones de ouvido de dois canais. Mais adiante será compreendido o porquê dessa afirmação. Tanto o som binaural (obtido pelo uso de manequins) quanto o *sorroud* podem ser classificados como áudio 3D.

Frequentemente o áudio binaural (fone de ouvido) é chamado e confundido de *sorroud sound* de forma equivocada. Apesar de o *sorroud* ser multicanal e imersivo, o áudio binaural possui uma profundidade de imersão maior graças à forma como ele é captado no estúdio de gravação.

A grande diferença do som 3D é a possibilidade de se localizar um objeto no espaço apenas ouvindo o som. Apenas com um ruído a pessoa pode identificar a posição exata do objeto em um espaço, sendo em qualquer direção que estiver em relação ao ouvinte.

O áudio 3D é um áudio composto por três dimensões: altura (se a fonte sonora esta acima ou abaixo de você), distância (se a fonte sonora esta próxima ou distante) e profundidade (intensidade do som) (SUBMÚSICA, 2007) (RUMSEY,2001).

David Batinno (2000) em artigo publicado na revista americana Maximum PC descreve o áudio binaural como *sorroud* expandido, pois esse sistema permite colocar um som em uma posição específica em torno do ouvinte com maior qualidade.

A premissa fundamental do áudio 3D é reproduzir através de fones de ouvido ou caixas acústicas efeitos sonoros idênticos ao percebidos naturalmente pelos ouvidos humanos. Naturalmente quando percebemos algum ruído distinguimos a fonte desse ruído, sua distância em relação a nossa posição, se ele esta em um nível acima ou abaixo de nós e a intensidade desse ruído. Através de equipamentos especiais e técnicas de gravação pode-se produzir um áudio que o cérebro humano o processará da mesma forma que estivesse ouvindo de uma fonte natural.

O *sorroud*, basicamente distribui os diferentes canais de áudio entre os falantes. Em sistema 5.1 ele distribui os canais entre as caixas acústicas e concentra o grave em apenas uma caixa, dando a sensação de que o som esta a sua volta. De fato, para *home theaters* é o melhor sistema.

O primeiro sistema que proporcionou ao ouvinte a sensação de ouvir através de jogos eletrônicos ou filmes de forma semelhante como percebemos naturalmente o som, ainda que de forma bastante limitada, foi o áudio estéreo.

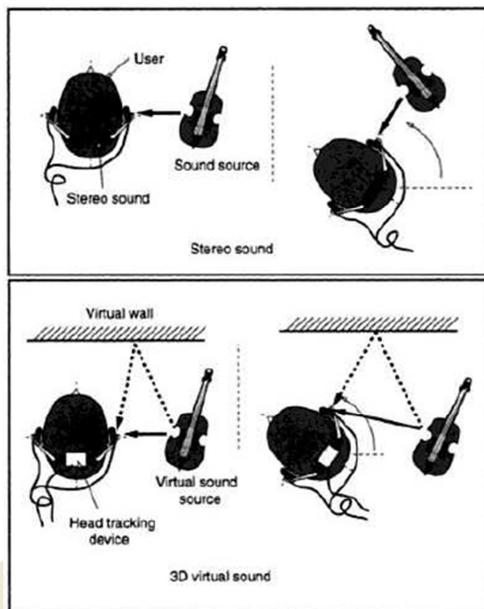
O som estéreo utiliza-se apenas de dois alto falantes, que são posicionados à esquerda e à direita do ouvinte e chega aos ouvidos em frequências diferentes. Se o som está mais alto ou intenso do lado esquerdo, significa que a fonte de ruído está à esquerda do ouvinte e da mesma forma se estiver do lado direito. Esta técnica de controlar o volume e intensidade do som nos dois canais distintos chama-se *panning* de panorama, no termo em inglês. O efeito do áudio estéreo é limitado, não possibilitando ao ouvinte localizar uma fonte sonora no espaço tridimensional, como ocorre com o áudio 3D.

Ao se movimentar em um ambiente virtual, o som estéreo possibilita apenas distinguir o lado (esquerdo ou direito) da fonte sonora. O áudio 3D possibilita distinguir a fonte sonora de todos os lados, tal como no mundo real. Possibilita nos localizarmos no ambiente, identificando a distância da fonte sonora, se está a frente, atrás ou dos lados, se está no mesmo nível, acima ou abaixo de nossa posição.

A Figura 1 demonstra a diferença entre som estéreo e 3D.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Figura 1. Distinção entre som estéreo e 3D

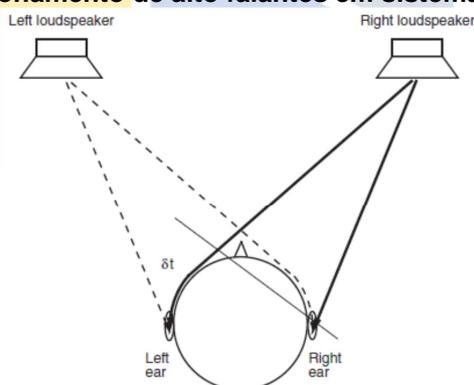


Fonte: (FORTE, 2009).

Atualmente obtém-se facilmente o som estéreo utilizando aplicativos de áudio acompanhado de uma mesa de som, sendo que a mesa de som não é obrigatória em estúdios que não sejam profissionais ou gravações caseiras. Para gravar em estéreo basta utilizar dois microfones, por exemplo (HANCOCK, 2011) (BATINNO, 2000).

A Figura 2 demonstra o posicionamento dos alto falantes em relação ao ouvinte. A imagem mostra dois alto falantes, um posicionado à esquerda e outro à direita, ambos um pouco à frente do espectador que está posicionado no meio, para que cada ouvido possa captar as diferentes frequências do áudio estéreo.

Figura 2: Posicionamento de alto falantes em sistema de som estéreo



Fonte: (RUMSEY, McCORMICK, 2009).

Para usufruir de toda a sensação de imersão do som 3D é utilizado um boneco para simular a cabeça humana e a forma como o som é percebido por nós. Dessa forma, o som é captado e gravado da mesma forma como ouviríamos se estivéssemos no mesmo local.

Karen Collins (2008) define mais especificamente os diferentes formatos de som usados na indústria fonográfica e também pela indústria de jogos, pois com o avanço da tecnologia de mídias para os consoles de videogames possibilitaram o uso destas tecnologias. Vale recordar que já em 1995, com o lançamento do Playstation da Sony, a mídia utilizada era o Compact Disk (CD) e já possibilitava às empresas desenvolvedoras utilizarem áudio digital, como o Dolby Digital da Dolby Labs. Foi uma verdadeira revolução para a indústria de games o uso de CD como mídia para os jogos eletrônicos, pois os consoles mais antigos utilizavam cartuchos de memória ROM como mídia para gravar os jogos. Embora mais seguros contra cópias, a capacidade de armazenamento era muito inferior ao CD, o que permitia aos designers de áudio dos

jogos a utilizarem somente batidas de simuladores eletrônicos de áudio, para simular os efeitos sonoros para o jogo, algo que prejudicava muito a qualidade final do produto. A atual geração de consoles possui suas mídias divididas em HD DVD (Xbox 360) e Blu-Ray (Playstation 3), possibilitando o uso das mais recentes técnicas de áudio, incluindo o áudio 3D.

Ambos formatos de mídia possibilitam o uso de som True HD e Digital EX. Pela capacidade de armazenamento que as mídias atuais possibilitam teoricamente os designers de áudio não precisariam se preocupar com o tamanho de sua trilha sonora para armazenamento nas mídias, já que dispõe de muito mais espaço e a possibilidade de usar menos compressão nas músicas e efeitos. Mas isso é só na teoria. Como em jogos antigos que não possibilitava ao designer de som utilizar efeitos sonoros de qualidade devido à escassez de armazenamento, atualmente as mídias também estão saturadas, pois precisa de muito espaço para armazenar os gráficos que são cheios de detalhes, texturas de diferentes objetos, efeitos especiais como explosões e diversos outros elementos que os games proporcionam. Se antes havia 5 inimigos na tela, hoje são 50 e todos animados e interagindo com o cenário cheio de detalhes. Por isso o áudio ainda deve ser pensado com cautela, pois concorre com outras áreas em um game, como os elementos gráficos, por exemplo.

A maioria dos jogos atualmente é codificada para o formato *sorroud sound*. O sistema mais comum é o *sorroud* de 5.1 canais de áudio independentes (canal esquerdo, canal direito, canal central, *sorroud* esquerdo e direito e o canal grave emitido através de *subwoofer*). O subwoofer é responsável pelas frequências baixas, graves, ou *low-frequency effects* (LFE) na sigla em inglês. Este padrão é utilizado também como áudio padrão de DVDs e transmissão em *high-definition television* (HDTV) do acrônimo TV digital e canais digitais em geral.

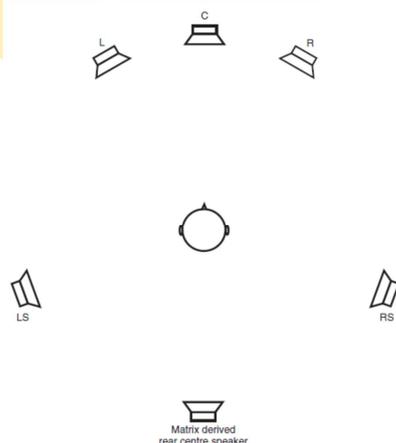
O *sorroud* pode ser codificado para vários formatos que vão dos 5.1 até 10.2 canais, dependendo da aplicação do áudio, como sala de cinema, TV digital, entre outros.

Os *home theaters* modernos tentam reproduzir o *sorroud* 5.1 de cinema, mas pela óbvia constatação de que os alto falantes de salas de cinema são mais potentes e o ambiente é preparado para vedar e propagar as frequências de som sem obstáculos e desvios, a experiência em cinema ainda é mais satisfatória.

Graças a tecnologias como o *Digital Theater Systems* (DTS) Dolby capaz de reproduzir áudio *True HD* em *home theaters* mais sofisticados a diferença entre reprodução de filmes em cinema e neles são basicamente a potencia de alto falantes. Atualmente a potência de alto falantes para *home theaters* pode superar os 1.000 watts.

A Figura 3 mostra a disposição das caixas acústicas em um ambiente *sorroud* ao redor do ouvinte. Nesta imagem mostra-se como o espectador permanece envolvido pelo som tridimensional que chega dos diferentes falantes e nas variadas frequências de som, tudo para criar o efeito de imersão no ouvinte.

Figura 3: Alto falantes posicionados em sistema de som *sorroud* de 5.1 canais



Fonte: (RUMSEY,McCORMICK, 2009).

O DTS Digital *Sorroud* é o formato concorrente do *sorroud* e alguns aparelhos *home theaters* e cinemas dão suporte a filmes produzidos com essa tecnologia. O DTS não é o áudio padrão para DVDs e transmissões de HDTV, pois ele oferece uma taxa maior de dados (ele utiliza menos compressão de áudio) o que torna o som mais nítido e rico. Por outro lado a demanda de dados é bem maior por sua pouca compressão o que para jogos em particular não é viável.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

O Digital Plus oferece até 7.1 canais de áudio HD de alta definição com uma qualidade superior aos demais sistemas de áudio. Ele foi desenvolvido para TVs de alta definição e para ser usado em players de Blu-Ray.

O console *PlayStation 3* da Sony oferece esse sistema para seus jogos, pois a mídia utilizada por ele é o Blu-Ray e possibilita grande quantidade de armazenamento de dados, com isso, o grande volume de dados gerado pelo som HD pode ser usado no console da Sony. Vale ressaltar a cautela por parte dos profissionais de som para trabalhar com esse tipo de áudio.

As duas grandes empresas que criam e desenvolvem sistemas de áudio para a indústria do cinema e games são a THX e *Dolby Labs* (KOLLINS, 2008) (NOVAK, 2010) (ALVES, 2006).

Em artigo publicado por Terry Hancock (2011), demonstra-se a forma de gravação de um som binaural, sobre a influência da ambiência que o local deve proporcionar, dos filtros utilizados por software para realçar a imersão e como o cérebro humano processa essas informações. Esses recursos serão abordados no próximo tópico.

Outro ponto fundamental que o autor ressalta é a importância da utilização de um fone de ouvido para tirar o máximo de proveito do som binaural. A sutileza das diferentes frequências de som também é perdida sem o uso de fones de ouvido. Em um ambiente o som não chega aos ouvidos sem alterações, pois ele é rebatido por paredes, móveis, plantas e assim por diante que embaralham e misturam as informações sensíveis da fase, ao invés de ouvirmos a complexa estrutura sonora da gravação.

Sempre que existe algum obstáculo como paredes, móveis e objetos em geral, a qualidade sonora é afetada, seja de uma fonte natural ou de caixas de som. Naturalmente se alguém fala e entre o interlocutor existe alguma parede o som ficará abafado. Em certos casos apenas poderia se distinguir a direção da fonte sonora. Com sistemas de *home theater* a qualidade sonora está diretamente ligada ao ambiente, pois se existir mais de uma fonte sonora, como conversas, barulhos de carros, entre outros a qualidade do áudio será seriamente prejudicada e a sensação que o áudio 3D proporciona não será plenamente sentido pelo ouvinte.

O fone proporciona uma qualidade sonora melhor, pois apesar de uma maior ambiência (profundidade e ganho) no som ele oferece uma “vedação” natural a ruídos externos.

Extinguindo ou reduzindo drasticamente os ruídos externos, os ouvidos captarão apenas uma fonte sonora e todos os recursos utilizados no áudio 3D poderão ser processados pelo cérebro.

Muitas espécies, não apenas o ser humano pode ouvir sons em três dimensões, devido a evolução de sua estrutura cerebral. As frequências de som abaixo de 100Hz fazem uma “curva” ao redor do crânio e estes sinais são perceptíveis por ambos ouvidos. À medida que a onda sonora passa ao redor do crânio cada orelha recebe uma parte diferente dessa onda. É essa diferença de fases da onda que permite a localização espacial de sons abaixo de 100Hz.

De toda a complexidade de captação e processamento de som feito por nossos ouvidos e cérebro, um efeito que podemos destacar é a mudança de fase. Como a onda sonora é lenta, em comparação com a velocidade da luz, existe uma pequena variação de tempo entre a chegada de uma onda sonora ao ouvido mais perto da fonte sonora em relação ao mais distante. Esse atraso faz com que as ondas sofram alteração temporal uma das outras, ou seja, graças a esse efeito conseguimos obter informações espaciais. Conseguimos identificar, por exemplo, algo esta se aproximando da esquerda, pois o ouvido esquerdo capta a onda sonora primeiramente em relação ao outro ouvido e através da intensidade pode-se identificar que esta posicionada a esquerda e aproximando através de informações de intensidade e mudança de fase das ondas sonoras. A cabeça abafa o som que chega para o ouvido distante da fonte sonora e junto com a demora da chegada de frequência sonora em relação ao outro ouvido temos a informação espacial do som. Esse abafamento de som chama-se sombreamento (HANCOCK, 2011).

3. PROCESSO DE GRAVAÇÃO DE ÁUDIO 3D

O processo de gravação do áudio binaural, ou como é conhecido comercialmente, é diferente de outras técnicas de gravação, como o *sorroud*. Além da técnica de gravação ser diferente os equipamentos também são diferentes, a exemplo do boneco utilizado para simular o corpo e a cabeça humana conhecido como *Dummy Head* no termo em inglês e de microfones de alta sensibilidade para captar os pequenos detalhes e nuances das diferentes frequências de som.

Esta técnica possui uma procura comercial bem pequena, pois o modo como ela deve ser reproduzida utilizando fones de ouvido não agrada determinadas áreas como o cinema. Para o cinema o mais interessante é reproduzir o áudio *sorroud*, pois não é conveniente ter um fone de ouvido para cada espectador, mesmo não tendo a imersão proporcionada pelo sistema binaural. Jogos para computadores

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

seriam mais beneficiados com o áudio binaural, pois usuários desta plataforma têm o hábito de utilizar fones para jogar e estão mais acostumados com o uso de fones de ouvido.

O ouvido humano é omni-direcional, ou seja, consegue interpretar todas as nuances de áudio em relação à altura, distância e direção. A estrutura da audição humana é fantástica, pois possui dois “microfones” altamente sensíveis sempre posicionados na mesma altura e ângulo um dos outros, que são os ouvidos. A cabeça é uma estrutura acústica perfeita que evita vazamentos de som entre os dois canais. A cartilagem da orelha também possui uma função importante na qualidade de áudio que percebemos, ela é responsável por captar, direcionar e filtrar o áudio de acordo com as frequências e ângulo de sua origem. E por fim o cérebro que possui uma alta margem dinâmica e baixo ruído, que automaticamente equaliza as diferentes frequências. Tudo isso para evitar que sinais que prejudiquem a qualidade do áudio original possam ser propagados.

O principal objetivo de uma gravação binaural é reproduzir a complexidade natural dos sons. A preparação da microfonação cuidadosamente estudada e posicionada em estúdio é para imitar o aparelho auditivo do ser humano (ZASNICOFF, 2008).

Para a gravação, utiliza-se o Dummy Head (manequim) que possui em seu interior dois microfones de alta captação, ou seja, ele consegue captar uma variedade maior de frequências sonoras, espaçadas e anguladas da mesma forma que os ouvidos. Para a reprodução dos sons captados pelos ouvidos artificiais devem-se usar fones de ouvido para que o som possa ser enviado aos ouvidos naturais diretamente, sem interferências.

Em teoria qualquer apresentação ao vivo poderia ser gravada utilizando esse método, como orquestras gravando a música tema de um jogo, por exemplo.

A Figura 4 mostra o boneco utilizado por grande parte dos profissionais de áudio para a gravação de áudio 3D. Na figura é mostrado o modelo Neumann KU 100 que já vem com os microfones posicionados internamente simulando os ouvidos. Seu preço de mercado é US\$ 7.900,00. Ele imita a cabeça humana para evitar que sinais indesejados (ruídos) possam vazar ou ser captado pelos microfones. Esse método de gravação é o mais utilizado e em cada orelha é posicionado um microfone de alta sensibilidade e a medida padrão para o distanciamento que as orelhas estão uma da outra que é cerca de 20 cm.

Figura 4: Manequim Neumann utilizado para gravação binaural



Fonte: (PORTALXBOX, 2010).

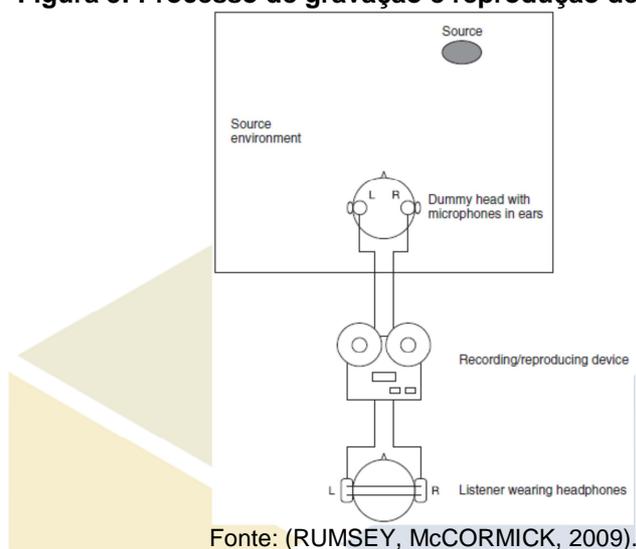
Quando o som é gravado utilizando o boneco e reproduzido através de fones de ouvido, o som será exatamente igual ao captado na gravação. Quando ouvimos uma fonte natural de som em qualquer direção, seja próxima ou distante, a entrada para os ouvidos são apenas dois sinais de uma mesma dimensão, ou seja, a pressão que o som causa nos tímpanos de nossos ouvidos captam dois sinais (um para cada ouvido) de um mesmo espaço. Se por meio de técnicas de gravação pudesse recriar as mesmas pressões que o som causa nos tímpanos de um ouvinte seria possível ter o mesmo som de uma fonte natural, incluindo a informação direcional e reverberação. Essa é a premissa da técnica de gravação binaural. A sensação de profundidade de som é criada a partir da interação entre as ondas de som captadas ao redor do boneco. Quando essas interações são captadas da mesma forma como os nossos ouvidos captam a imersão proporcionada impressiona (BARTLETT, 1999).

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

A Figura 5 demonstra o processo básico de gravação e reprodução de som binaural. Na figura existe um ambiente de origem onde está se gravando os sons, a fonte sonora posicionada no canto superior do ambiente e o manequim com os microfones nas orelhas já posicionados. Os aparelhos de gravação gravam o som captado pelos microfones posicionados na orelha do manequim do ambiente e logo em seguida o ouvinte utilizando fones de ouvido escuta o som gravado pela técnica de gravação binaural utilizando o manequim.

De acordo com a movimentação da fonte sonora no ambiente, o som captado é variado pelas ações que a cabeça artificial provoca no áudio. A premissa é captar o som e reproduzir para o ouvinte da mesma forma que seria se ele estivesse na sala de gravação no lugar do manequim.

Figura 5: Processo de gravação e reprodução de áudio binaural



A cabeça artificial funciona também como um bloqueador de frequências medias e altas. O canal auditivo que esta para o lado da fonte sonora sofre mais pressão e ação de frequências altas em contrapartida ao ouvido que está oposto à fonte sonora que bloqueia as frequências altas, tendo assim, um balanceamento para que audição não perca os detalhes do som.

O tímpano humano está dentro do canal auditivo que nada mais é que um tubo ressonante. A ressonância que o tubo auditivo sofre com as ondas de som não muda independentemente de onde esteja a fonte sonora, por isso, ele não fornece a localização espacial da fonte de som. A parte externa da orelha sofre pressão em resposta ao som recebido e consegue diferenciar o ângulo de incidência do som dependendo da localização da fonte sonora. Cada orelha pega um espectro de amplitude e fase (como explicado no tópico acima) e é abafado pela cabeça em relação à outra orelha e essa diferença de captação de frequência é que determina a informação espacial da fonte de som. O maior objetivo do manequim é simular essa forma como nossos ouvidos captam o som. A pessoa ouve as mesmas diferenças inter-aural que o manequim captou e isso cria a imagem de onde as fontes sonoras originais estavam. Geralmente a cabeça do manequim é construída com material sólido, a maioria é composta de fibra de vidro.

Existem modelos de manequim que possuem além da cabeça um ombro ou um tronco do corpo humano. Este modelo é utilizado para realçar a audição de sons que estão localizados à frente e atrás. Estes modelos são opções ao manequim convencional, mas nada que tenha uma diferença muito grande entre eles. No caso do manequim que contém o tronco inteiro ele auxilia a diferenciação de sons vindos de trás e de frente, mas isso não vai proporcionar uma qualidade muito maior, visto que utilizando apenas a cabeça artificial o técnico de áudio pode realçar ou editar posteriormente o som com o auxílio de mesa de som e equipamentos de efeitos de áudio.

Este equipamento pode ser usado em ambientes abertos, onde por ser uma área grande e com vasta informação de áudio, não apenas os que o designer de áudio quer captar, mas o som natural de carros, vento, árvores e tudo o que estiver nas proximidades. Por naturalmente dar um pouco mais de diferenciação no som ele pode captar esses efeitos com mais fidelidade. Por exemplo, em uma parte que contenha uma explosão, principalmente se for frontal ou traseira em relação à posição do manequim, o som captado será levemente mais acentuado do que se usado apenas a cabeça do manequim. Vale ressaltar que sendo apenas a cabeça ou o tronco do manequim a técnica de gravação é a mesma e ambos são o principal meio

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

utilizado para se gravar sons binaurais e dependendo da situação um é mais recomendável que o outro. Um problema em relação aos manequins é a falta de padrão para determinado tipo de gravação, pois as orelhas usadas nos bonecos interferem na qualidade final e existem diversos tipos diferentes de orelhas o que acaba por não haver um padrão para esse quesito (BARTLETT, 1999) (RUMSEY, McCORMICK, 2009).

A Figura 6 mostra o manequim com a parte do tronco, possui as mesmas características que a cabeça artificial, sendo que ele não possui microfones na parte do tronco, no corpo, apenas na cabeça simulando as orelhas. A função do corpo é apenas para efeito de abafar e modificar a intensidade sonora no momento da captação do som. Na sigla em inglês é chamado de *Head and Torso Simulator*, simulador de cabeça e torso (HATS).

Figura 6: Simulador de tronco e cabeça - HATS



Fonte: (RUMSEY, McCORMICK, 2009).

Existe outra forma de gravação que utiliza uma esfera com os microfones posicionados para imitar os ouvidos humano. Esse equipamento tem o mesmo objetivo do manequim para captação de som binaural, porém não oferece a mesma qualidade de áudio captado. Sendo uma esfera, este equipamento não possui orelhas artificiais, somente os microfones posicionados na mesma direção dos ouvidos. A Figura 7 mostra o microfone KFM6U Schoeps. Uma forma alternativa a gravação com manequim.

Figura 7. Microfone KFM6U Schoeps para gravação de som binaural



Fonte: (RUMSEY, McCORMICK, 2009).

Outro modo para se gravar é utilizando pequenos microfones intra-auriculares parecidos com um fone de ouvido em uma pessoa real. Com isso o som captado seria parecido com o captado pelos manequins. Mas alguns problemas tornam essa técnica um tanto restrita, pois os sons internos como batidas do coração e respiração também são captados pelos microfones e movimentos do corpo da pessoa também são captados o que torna o som gravado cheio de ruídos indesejados e a qualidade do áudio é prejudicada.

Os programas de computador e equipamentos de efeitos de áudio em geral utilizados para gravar e tratar o som 3D é o mesmo utilizado para sons convencionais, como o estéreo. Como apenas a forma de captação de áudio é diferente, os softwares para mixagem e edição de som são os mesmos, como o *Sound Forge da Sony* e o *Pro Tools da Avid*. O *Pro Tools* é o programa que domina o setor de áudio e é utilizado pelos estúdios profissionais para cinema e jogos (RUMSEY, McCORMICK, 2009).

Existem formas baratas e relativamente simples de gravar sons binaurais de modo amador ou até mesmo semi-profissional de acordo com os equipamentos e habilidades empregadas. Utilizando um objeto oco, do mesmo tamanho da caixa craniana e com a mesma medida de distância dos ouvidos pode-se obter sons modestos, mas com um efeito de tridimensionalidade. Utilizando-se de microfones mais baratos, não necessariamente de alta sensibilidade, com o objeto acima descrito se obtém um som 3D, mas não com a

mesma qualidade e níveis de detalhes como feito em estúdio por profissionais e equipamentos de alta tecnologia.

Uma forma mais elaborada para construir seu próprio microfone é utilizando um manequim de plástico, parecido com aqueles utilizados em lojas de roupa nos mostruários, mas ao invés de usar um manequim com corpo inteiro usa-se apenas a cabeça.

O modo mais fácil e amador para se construir um microfone binaural não utiliza o manequim, mas sim as orelhas de uma pessoa, pois neste projeto se utiliza fones de ouvido comum, onde são instalados pequenos microfones no lugar dos alto falantes. Obviamente a qualidade do áudio gravado não será satisfatória, pois o sistema se utiliza de equipamentos modestos e não apropriados para captar todas as nuances do áudio em três dimensões.

Em seu site, Art Simon (SIMON, s.d.) demonstra como construir um gravador binaural portátil utilizando fone de ouvido. Pode ser usado para pequenas distâncias da fonte sonora, pois os microfones utilizados não possuem captação definida e é mais recomendado para gravar sons de curta duração e principalmente conversas.

O fone de ouvido utilizado pode ser qualquer um, desde que tenha espaço suficiente para encaixar os microfones que serão montados no lugar dos alto falantes.

Primeiramente, devem-se desmontar os protetores de ouvido para ter acesso aos fios que se conectam aos alto falantes. Os fios que estão conectados possuem duas cores (geralmente vermelho e preto ou vermelho e branco). Eles devem ser aquecidos com um equipamento de solda para componentes eletrônicos até que se desprendam dos fones, após isso, os fones poderão ser descartados. Uma parte importante é a soldagem dos fios aos microfones que serão utilizados, deve-se ter cuidado para conectar às entradas corretas do microfone, como o fio terra e o outro colorido que deve ser conectado à saída do microfone.

Outra parte que exige atenção é o furo que se deve fazer no fone de ouvido para acoplar os microfones que posteriormente serão cobertos pelas espumas protetoras do fone. Com o mesmo equipamento de solda, deve-se fazer um buraco com o mesmo diâmetro dos microfones para acomodá-los. Deve-se ter muita atenção para que o buraco não fique muito grande, pois neste caso o microfone não ficará imóvel e captará muito mais ruído causado pela movimentação. É recomendável utilizar cola em toda circunferência do orifício, para fixar melhor o microfone.

Após acomodar os microfones devidamente ligados pelos fios, coloque novamente os protetores de espuma no fone de ouvido. Se o procedimento foi feito corretamente, a aparência do microfone será muito parecida com um fone de ouvido comum.

O autor relata que as melhores captações ocorrem quando se está imóvel, pois embora o aparelho possibilite a gravação em movimento, a quantidade de ruídos é muito grande. O inconveniente é que ele capta o movimento do cabo do fone, das roupas e da respiração da pessoa.

Este microfone deve estar ligado a um gravador portátil comum. A Figura 8 mostra o microfone recomendado para se utilizar, é o modelo WM60AY da Panasonic. Além de possuir qualidade para gravações ele é compacto, o que facilita muito na parte de acoplagem na armação do fone e na montagem dos protetores de espuma.

Figura 8: Microfone compacto para uso em equipamentos portáteis, da Panasonic



Fonte: (OCTOPART, 2011).

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

A Figura 9 mostra o microfone finalizado. O fone a princípio é muito semelhante a um modelo comum, lembrando que se devem usar microfones compactos na confecção. O custo da adaptação vai variar de qual tipo de microfone será utilizado e do modelo do fone de ouvido.

Figura 9: Adaptação de um fone de ouvido para microfone para gravação binaural



Fonte: (SIMON, SD).

A grande diferença do modelo adaptado para microfones de marca já preparados para essa finalidade é que, além da possibilidade de escolher modelos diferentes de microfones pode-se optar por escolher modelos mais potentes, possibilitando gravações de melhor qualidade.

Em seu site, Jeffrey Anderson (ANDERSON, s.d.) mostra como construir um microfone de forma mais profissional, que apesar de não conseguir reproduzir a qualidade de um modelo mais sofisticado, é o que mais se assemelha a técnica utilizada por grandes estúdios de áudio. O objetivo é utilizar uma cabeça de manequim comum e adaptá-la para acoplar os microfones. O manequim utilizado não é composto do mesmo material que os manequins profissionais. O autor relata que o manequim usado é de plástico, encontrado em lojas que comercializam esse tipo de material.

Um ponto importante, Anderson disponibiliza para venda em seu site um modelo de orelha artificial que facilita na hora de montar os microfones no manequim. O modelo é o SBE-1, que segundo o fabricante são feitas à mão e por encomenda. São feitas de borracha de silicone flexível e baseadas em orelhas reais para sua confecção.

Para utilizá-los, basta acoplar os microfones às orelhas de silicone e adaptar o manequim para encaixar as orelhas no lugar correto. O custo das orelhas de silicone é de US\$ 99,00 o par.

Uma forma alternativa às orelhas de silicone utilizadas no processo de montagem do manequim seria o uso de manequins que já possuem o contorno das orelhas e até mesmo as orelhas inteiras. Neste caso, apenas a escolha dos microfones seria necessária.

A Figura 10 mostra o manequim usado na adaptação, ele já possui as orelhas e sua composição é de plástico. O custo médio para este tipo de manequim é de US\$ 40,00.

Figura 10: Manequim utilizado para adaptação de microfone usado para gravação de áudio binaural



Fonte:(ANDERSON, s.d.)

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

O custo total deste projeto fica em média de US\$ 214,00 a US\$ 394,00. Obviamente dependendo da qualidade dos componentes utilizados os custos irão aumentar.

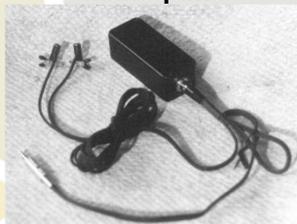
A primeira recomendação feita é que a cabeça artificial seja a mais parecida possível com a natural, senão a gravação não terá o efeito desejado. A cabeça deve ser oca, pois isso facilita o acesso ao seu interior para as montagens necessárias e pode ser preenchida com diversos tipos de materiais. Uma cabeça de isopor, por exemplo, dificultaria a montagem das orelhas e do posicionamento dos microfones.

Como alguns manequins já possuem orelhas deve-se verificar se elas estão em posição semelhantes aos ouvidos naturais, se não estiverem, terão que ser recortadas e posicionadas corretamente. Quanto à orientação do manequim recomenda-se que esteja em uma posição ereta, sem inclinações.

Existem vários modelos de microfones que podem ser usados para a montagem no manequim. O autor faz referência a dois modelos de microfones, o primeiro é o Binaural Mic Set da Core Sound. A segunda opção de microfone é o SP-TFB-2 da Sound Professionals, mais barato e com boa qualidade. Estes microfones foram projetados para serem utilizados em uma pessoa enquanto se registra áudio 3D, muito parecidos com fones de ouvido. O inconveniente para adaptá-los ao canal auditivo do manequim é ter que remover a estrutura de plástico usada para acomodá-lo na orelha e retirar os cabos do microfone. Caso estas etapas sejam feitas de maneira incorreta pode danificar o microfone.

A Figura 11 mostra o microfone Binaural Mic Set da Core Sound, a primeira opção mostrada pelo autor.

Figura 11: Microfone Binaural Mic Set da Core Sound, utilizado para gravações de áudio 3D utilizando manequins



Fonte: (ANDERSON, s.d.)

A Figura 12 mostra o microfone SP-TFB-2 da Sound Professionals, segunda opção e mais econômica, caso queira reduzir orçamento ou não queira arriscar algo de maior valor por pouca prática neste tipo de adaptação.

Figura 12: Microfone SP-TFB-2 da Sound Professionals, utilizado para gravações de áudio binaural



Fonte: (ANDERSON, SD).

A confecção do canal auditivo, que nada mais é que um tubo de plástico é uma das partes mais difíceis, pois requer muita precisão. Por ser opcional, esta parte vai depender do nível de detalhamento que se quer atingir nas gravações do áudio 3D. Vale recordar que o canal auditivo absorve as ondas sonoras e as conduz diretamente para os tímpanos, no caso do manequim, para os microfones o que garantem um efeito tridimensional mais convincente.

O tubo plástico utilizado para a confecção do canal auditivo artificial deve ter mm de diâmetro, pois essa é a medida média do canal auditivo humano. Com o auxílio de uma fita métrica, deve-se cortar o tubo com uma medida de 30 mm. Existe uma forma mais complexa de construir o canal auditivo, mas ele não recomenda para iniciantes.

Os microfones devem ser inseridos 5 mm dentro do tubo de plástico, para simular mais precisamente os ouvidos naturais. Para fixá-los na orelha do manequim deve-se fazer um furo exatamente na abertura da orelha e posicionar o tubo de plástico no ouvido do manequim. Para fazer isso, deve-se fazer uma abertura

na nuca do boneco, para se ter livre acesso ao interior de sua cabeça. O posicionamento do microfone deve ser feito de dentro para fora. Caso exista a necessidade, pode utilizar cola ao redor do tubo plástico para fixar melhor o canal auditivo no ouvido do manequim. Como a cabeça do manequim é oca, deve-se preencher seu interior com algo para amortecer qualquer reverberação ou ressonância. O preenchimento é feito pelo buraco aberto na nuca do manequim para fixação dos microfones. Para preencher a cabeça do manequim o autor sugere tecido, de qualquer tipo. Outro preenchimento pode ser com saco de geleia, silicone, entre outros tipos de material. Caso o manequim utilizado tenha tronco, este deve ser preenchido também. Devem-se passar os cabos dos microfones pelo buraco na nuca do manequim.

Para finalizar, o buraco na nuca pode ser fechado com a parte recortada ou pode-se deixar apenas com o preenchimento feito na cabeça, pois não irá afetar o desempenho na hora de gravar. Pode-se utilizar também uma peruca, para cobrir o buraco.

A Figura 13 mostra o manequim construído por Anderson finalizado. Esta é mais uma opção para se gravar sons binaurais para pessoas que não dispõe de recursos para adquirir manequins profissionais e querem gravar sons para seus jogos ou gravações caseiras. Este é o modo mais simples de obter um som 3D utilizando a mesma técnica de estúdios profissionais.

Figura 13: Manequim finalizado após adaptação para realizar gravações de áudio 3D



Fonte:(ANDERSON, s.d.)

Deve-se gravar em dois canais simultâneos para obter um som satisfatório. No capítulo a seguir será mostrado alguns programas e placas de som para capturar e reproduzir sons 3D.

É interessante saber que existem meios de obter um som 3D com equipamentos mais acessíveis que os usados por profissionais. Pelo fascínio que o áudio binaural causa a uma pessoa que o ouve pela primeira vez, remete a algo que seja complexo e quase impossível de se obter sem estar em um estúdio de gravação sofisticado. Para um desenvolvedor de jogos, sejam eles casuais ou não e que preferencialmente o público alvo seja jogadores de PC, a utilização de áudio 3D com fones de ouvido será algo diferenciado para o jogo e será um elemento importante para aumentar a diversão.

4 SOFTWARES E HARDWARES PARA GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO DE ÁUDIO 3D

Para gravar e editar sons 3D (*sorroud 5.1*) é obrigatório o uso de cinco alto falantes e um *subwoofer* para efeitos de LFE. O ideal é que todos sejam da mesma marca e modelo, caso contrário pode-se identificar variâncias no som e prejudicar o resultado final. É recomendado que um falante concentre o som grave, pois se emitidos pelos outros falantes o som deve embolar e prejudicar a audição de faixas diferentes.

Sendo assim, os programas tradicionais no mercado de áudio e que são usados em grande parte dos estúdios que fazem trilhas sonoras para cinema e jogos, são os mesmos que vão fazer o tratamento do som 3D. O mais conhecido e utilizado software para tratamento de áudio 3D é o Pro Tools da Avid Technology, quase que onipresente nos estúdios profissionais (aproximadamente 90% de mercado) e utilizados pelos designers de áudio para produções na indústria fonográfica em geral e também no cinema e jogos eletrônicos.

Existem também outros programas muito utilizados e conhecidos pela alta quantidade de recursos e pela qualidade dos trabalhos feitos por estes programas de áudio. Entre eles pode-se citar o Sound Forge da

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Sony e o *Sonar da Twelve Tone Systems*, ambos são proprietários e necessitam adquirir uma licença para usá-los. São produtos intermediários e opções em relação ao *ProTools*.

Como o *Pro Tools* é uma plataforma quase dominante neste meio, é interessante demonstrar um produto que não seja proprietário e pago como ele e os outros mencionados, sendo assim, o *Audacity* é uma opção, embora mais limitado em recursos, para se gravar áudio em múltiplos canais sem pagar nada por isso. O *Audacity* será abordado mais adiante.

O *Pro Tools* é uma plataforma de trabalho de áudio digital, composto pela integração de software e hardware. O software atualmente está disponível para dois sistemas operacionais, o Mac OS X e o Windows. Sua versão mais recente é o *Pro Tools 9*.

A primeira versão do *Pro Tools* foi comercializada em 1991 e possibilitava a gravação de apenas 4 faixas simultâneas. Como o *Pro Tools* é um poderoso programa para gravar e editar sons, uma técnica muito utilizada por profissionais em uma gravação *sorroud* é posicionar microfones em pontos estratégicos de uma fonte sonora, a fim de capturar de todos os ângulos possíveis o som. Como exemplo pode-se citar a gravação de uma bateria, que além dos microfones posicionados no bumbo, na caixa, nos tons e acima para capturar o som dos pratos, posiciona-se microfones a esquerda, direita, atrás e a frente da bateria a uma distância de 4 ou 6 metros. São dois microfones posicionados à esquerda e dois posicionados à direita cobrindo a frente e atrás da bateria. Deste modo cada microfone será gravado em um canal diferente no sistema *Pro Tools* e poderá ser editado na estação de edição e realçado se necessário. Após a gravação os engenheiros de som aplicam a técnica *pan* (explicada no primeiro capítulo) que é o efeito de diminuir um som em um canal e aumentar o mesmo som em outro canal, isso provoca no espectador a sensação de aproximação de algo em sua direção, pois o *pan* aumenta em alto falantes próximos e diminui em alto falantes distantes, usando uma sala de cinema como exemplo.

O *Pro Tools* oferece o *Panner Sorroud*, que de uma maneira fácil, controla o efeito *pan* entre os falantes. Pode-se posicionar a fonte sonora em qualquer espaço que ele configura automaticamente a saída entre os falantes, dando a noção exata de onde está a fonte sonora.

Para gravação de som *sorroud* pode-se também utilizar um plug-in chamado *SoundField Pro Tools*, que simula o processador de som da *SoundField*. Com ele pode-se gravar quatro tipos de sinais diferentes com apenas um microfone. O plug-in consegue separar entre os 4 canais de áudio diferentes frequências simulando o posicionamento de microfone ao redor da fonte sonora. Ele separa canal da esquerda, da direita, frontal e altura em relação a seu posicionamento da fonte de som.

O *Pro Tools* oferece uma opção de calibragem, para que os falantes tenham a mesma intensidade de som em relação ao ouvinte, para não ocorrer erros de realçar demais o som de um canal em relação aos outros. Para codificar o áudio finalizado, o *Pro Tolls* oferece a opção de codificação *Dolby AC3* ou *DTS Digital*, ambos em 5.1 canais, os mais usados para filmes e jogos. Este é um programa para estúdios profissionais, pois necessita de computadores sofisticados, equipamentos reconhecidos pela *Avid* para se utilizar com ele como mesa de som, processadores de áudio, entre outros e pessoas com conhecimento avançado em áudio e no *Pro Tools*. Além disso, a licença para se obter a última versão do *Pro Tools* (versão 9) é dispendiosa, com valor médio de US\$ 600,00 (THORNTON, 2006) (AVID, 2011).

A *QSound Labs* é uma empresa renomada que possui diversas tecnologias e produtos para áudio. Em 1990 foi feita uma parceria com a *Capcom*, fabricante de jogos eletrônicos japonesa, para desenvolver as tecnologias de áudio para a empresa. Seu foco é a indústria de jogos eletrônicos, por isso, a *QSound* desenvolve produtos e algoritmos para melhorar a experiência que um jogador tem com o áudio de um jogo. A *QSound* desenvolve diretamente para empresas os algoritmos para processamento de áudio 3D, para usuários ela disponibiliza para venda alguns plug-ins para melhorar a performance de players de música para computadores, como o *QMax 2*.

O *Q3D* é um algoritmo que está presente em diversas placas de som para computador e consoles de vídeo game. É uma tecnologia de posicionamento de som 3D de mistura multicanal, ou seja, ele separa o som em vários canais e transmite para sistemas de som 5.1 ou fones de ouvido. Ele não necessita de algum componente externo ou de decodificadores, apenas os alto falantes ou fones de ouvido para reproduzir áudio 3D. Seu desenvolvimento teve como foco os jogos eletrônicos.

Outros algoritmos presentes nos consoles de vídeo game e placas de som são o *QSorroud 5.1*, *QSorroud HD* e o *QExpander*. O *QExpander* transforma áudio originalmente gravado em estéreo em *sorroud*, separando os canais estéreo e ampliando o estágio de som original. Diversas empresas utilizam algoritmos da *QSound* para melhorar a experiência com som 3D de seus produtos. Algumas delas são *Toshiba*, *Philips*, *Sanyo*, entre outras (QSOUND, 2010).

Estes programas e algoritmos mostrados são proprietários, ou seja, deve-se pagar para adquirir a licença e usá-los ou adquirir algum aparelho que contenha o software já instalado.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Existem opções gratuitas de softwares que possibilitam a gravação e edição de múltiplos canais de áudio digital, como o Audacity.

O Audacity é um programa livre e gratuito sob licença do projeto GNU (General Public Licence) do Linux e está disponível para Windows e Linux. Sua versão atual é a 1.3.13.

Ele pode gravar até 16 canais de áudio ao mesmo tempo e codificar o áudio final para diversos formatos como Ogg Vorbis, MP3, entre outros formatos não proprietários. Em suas opções de efeitos se encontra reforço para graves, filtros de ruído, redutor de som de estática, compressor, entre outros. Outro recurso interessante é que, além de gravar áudio pode-se importar áudio em vários formatos como o Ogg em *sorroud* 5.1 canais, onde cada canal é distribuído em faixas diferentes, depois se pode editá-lo e salvar o projeto em um único arquivo *sorroud*.

Para utilizar os 16 canais de áudio do Audacity, deve-se ter uma placa de som capaz de suportar os recursos do programa. As diferenças entre o Audacity e outro software de gravação e edição de som profissional é o enorme número de recursos e facilidades que os programas profissionais oferecem. As diferenças vão desde equipamentos profissionais suportados pela versão do programa, efeitos de edição, compatibilidade de plug-ins de empresas privadas, qualidade do sinal de áudio na gravação e edição, compatibilidade com formatos de áudio padrão pela indústria (AC3) e muitas outras vantagens que tornam a comparação entre o Pro Tools e o Audacity algo sem sentido. Mas para alguém que deseja iniciar na área de áudio e gravar sons em vários canais e até mesmo confeccionar seu próprio manequim para produzir sons 3D, este programa gratuito é uma opção interessante (AUDACITY, s.d.) (HANCOCK, 2011).

Para que toda a tecnologia usada para gravar, editar, mixar o áudio 3D e os algoritmos desenvolvidos para aperfeiçoar o som possa chegar ao jogador com toda sua qualidade, deve-se ter uma placa de som que suporte o áudio 3D e possibilite a gravação de som *sorroud*, caso a pessoa queira usar este recurso. A primeira empresa a desenvolver uma Interface de Programação de Aplicação (API) foi a Aureal, com o Aureal 3D, ou A3D. As primeiras placas compatíveis com a API foram lançadas no início de 1997, como a Monster Sound. As placas para PC suportam sons 3D tanto para sistemas com alto falantes quanto para fones de ouvido.

Um dos recursos utilizados pelas placas recentes é o “trajeto de onda”, no qual o algoritmo analisa o posicionamento dos objetos no cenário 3D e define como o som deve chegar ao jogador da forma mais real possível. A Creative Labs é a fabricante de uma das marcas mais conhecidas no mercado de placas de som profissionais. O modelo Sound Blaster X-Fi Titanium HD é parte da família Sound Blaster, uma das mais conhecidas no mercado. É uma placa de alta qualidade para reprodução de áudio 3D. Ela apresenta tecnologia de áudio THX TruStudio, para jogos eletrônicos atuais que usam tecnologia 3D de áudio. Seu preço médio é de US\$ 135 dólares.

Outra placa que apresenta boa qualidade para áudio 3D é a Monster Sound, uma marca pioneira neste segmento. A linha MX é a mais conhecida pela qualidade em reprodução de áudio 3D (CREATIVE, s.d.) (MORIMOTO, 2007).

A Figura 14 mostra a placa de som Sound Blaster X-Fi Titanium HD da Creative Labs, para PC. A Creative Labs é uma das marcas mais conhecidas no mercado de placas de som para PC e uma das pioneiras em desenvolver e disponibilizar recursos de áudio 3D para usuários.

Figura 14: Placa de som Sound Blaster X-Fi Titanium HD para PC da Creative Labs



Fonte: (CREATIVE, s.d.)

A Figura 15 mostra a placa MX300 para PC da Monster Sound. Também uma marca pioneira neste mercado de placas de som em disponibilizar áudio 3D.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Figura 15: Placa de Som MX300 para PC da Monster Sound

Fonte: (MORIMOTO, 2007).

Para pessoas que preferem jogar utilizando o PC existem diversas opções de modelos de placas de som com preços variados. Em se tratando de placas de som para gravar e editar áudio, os modelos serão mais caros dependendo de seus recursos, como conexões para conectar equipamentos externos como processadores de áudio, mesa de som, entre outros. Se o intuito for apenas para jogar existem modelos de placa mãe de fabricantes renomadas no mercado como Asus e Intel, que disponibilizam aos usuários som de alta qualidade, incluindo áudio 3D, sem precisar de placas externas.

5 ÁUDIO 3D EM JOGOS E SUA VANTAGEM

Jeannie Novak (NOVAK, 2010) afirma em seu livro que nunca é demais ressaltar a importância que o áudio tem em um jogo eletrônico. O áudio é responsável por criar o clima do jogo. Em uma parte de suspense, por exemplo, o jogador tende a ficar ansioso e tenso esperando o que pode acontecer a seu personagem. Caso o áudio não receba a devida atenção no desenvolvimento de um jogo pode arruinar um projeto excelente em todos os outros aspectos.

Uma imagem de um gorila de 10 metros batendo as mãos no peito pode ser muito assustadora, mas é só comparar com o rugido ameaçador do mesmo gorila para se ter uma ideia do que será mais impactante. Um som bem empregado e de qualidade pode fazer toda a diferença em um jogo.

A música e os efeitos sonoros estão intrínsecos à experiência com o jogo. Em Resident Evil da Capcom, a música é utilizada para acentuar o clima de suspense e deixar o jogador tenso diante dos desafios do jogo. O ruído de um zumbi mastigando um corpo de uma pessoa, o ruído que ele emite ao andar, o barulho das armas de fogo e da música cria o clima perfeito de suspense, e cada elemento é responsável por imergir o jogador na história.

O jogo Pong da Atari, lançado em 1972 foi um dos primeiros jogos a utilizar áudio. O jogo emitia um sinal de bip quando a bola atingia uma barra que fazia o papel da raquete.

A Figura 16 mostra a tela do jogo Pong, da Atari lançado em 1972, que utilizou bips sonoros para simular a batida da bola nas barras laterais. Apesar de bem simples era um jogo muito divertido e deu origem a um gênero que até hoje é explorado pela indústria de jogos, como os desenvolvidos para dispositivos móveis.

Figura 16: Tela do jogo Pong da Atari de 1972

Fonte: (ARCADE HISTORY, 2008).

Em 1977 a Atari lança seu console que marca o início do conceito de *Game Design*, no qual os sons mudam a partir da interação do usuário. Nos anos de 1978 e 1979 são lançados os jogos Space Invaders e

Asteroids respectivamente. Foram os primeiros a introduzir efeitos de sons, como pulsação, para estimular o jogador a ficar tenso e concentrado no jogo.

Na década de 1980, o áudio para jogos era limitado pelo hardware a ruídos eletrônicos simples, como bips. Nesta época a Nintendo era a empresa que dominava o setor de jogos eletrônicos, primeiramente desenvolvendo títulos para arcade e posteriormente lançando seu console doméstico, o Nintendo Entertainment System (NES), que foi um grande lançamento no mercado de jogos.

O NES possibilitava o uso de 5 canais para sons digitais simples e o enorme sucesso que jogos como Donkey Kong e Super Mario tiveram, foi uma mostra de que o som estava começando a ter importância para a qualidade dos jogos.

Em 1991, o jogo Myst da Cyan causou uma revolução pelo uso de sintetizadores (teclados eletrônicos). O som criava a atmosfera do jogo e era parte integrante da jogabilidade fundamental para vencer seus desafios.

Em 1993, o jogo em primeira pessoa Doom da ID Software, misturava Hard Rock com sintetizadores para criar o clima opressor do jogo, com cenas fortes de tortura e mutilações. É importante o fato que nesta época o padrão da indústria era o formato Interface Digital de Instrumento Musical (MIDI). O MIDI incorpora vários dispositivos diferentes que operam em conjunto para se criar sons. Através desta interface pode-se digitalizar sons de diversos instrumentos e utilizar bancos digitais de som.

A Figura 17 mostra o jogo Doom da ID Software, tido como uma referência em utilizar a interface MIDI que posteriormente se tornaria o padrão da indústria de jogos e também pela qualidade do áudio empregado, que atenuava a sensação de terror que os ambientes e a atmosfera criada causava nos jogadores.

Figura 17: Jogo Doom da ID Software, referência pela qualidade de áudio



Fonte: (PLANETA GAMER, 2011).

No ano de 1998 foi lançado o jogo Heart of Darkness pela Amazing Studios e foi marcado como o primeiro jogo a utilizar a gravação de uma orquestra real em sua trilha sonora.

Uma das trilhas sonoras mais ricas e lembradas é da série de jogos Baldur's Gate, da BioWare pela sua composição artística e qualidade do áudio.

A partir do lançamento do TurboGrafx-16 da NEC que reproduzia CD, a indústria de games cria suas primeiras teorias e padrões com qualidades digitais em estéreo e *sorroud*. O jogo de espionagem Hitman da Eidos, ficou marcado pela trilha sonora criativa, pois se passa em diversos lugares e países com culturas diferentes.

A música neste tipo de jogo foi importante para criar o clima dos diferentes lugares, como música japonesa para a missão em Tóquio e outros estilos musicais dependendo do lugar e de sua cultura.

Atualmente, a qualidade de áudio de um filme para de um game é equiparável. Até pouco tempo atrás essa diferença era muito grande. Um exemplo é o jogo Missão Impossível para Nintendo 64, que os compositores e áudio designers tiveram um limite de memória de 350k para todo o áudio do jogo, uma quantidade muito pequena. Por essas limitações o áudio era muito inferior ao encontrado em produções cinematográficas.

A razão para até pouco tempo atrás o áudio receber pouca atenção é que os elementos gráficos de um jogo são considerados prioritários, e como os cartuchos dispunham de pouca memória restava um espaço ínfimo para o áudio.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Um jogo contém uma infinidade de sons diferentes e que devem ser criados com muita atenção, pois em uma fase pode-se mudar as condições climáticas, os objetos devem possuir um som distinto um do outro e muitos outros detalhes. O áudio 3D, mais especificamente o Dolby *Surround* é inegavelmente um recurso importante na produção de um jogo atualmente. Com as possibilidades de áudio que consoles atuais possibilitam, como o Playstation 3 e Xbox 360, é praticamente obrigatório o uso deste recurso de som. Para jogos de PC é necessário o uso de uma placa de som que suporte o formato *surround* para a utilização dos alto falantes.

Em um jogo, o recurso sonoro pode ser interpretado como parte integrante dos desafios que o jogo oferece aos jogadores, não apenas como música de fundo, ou simples efeitos. Em um jogo de guerra, por exemplo, pode-se saber a direção de onde vêm os tiros apenas ao ouvi-los. Se o objetivo de uma fase é eliminar um atirador escondido pode-se identificá-lo pela direção de seus tiros, mesmo não o vendo.

Em jogos que não oferecem o formato de áudio 3D, como o Counter Strike e Half Life, a experiência torna-se prejudicada. Em se tratando de jogos de tiro em primeira pessoa (FPS) o uso de armas de fogo é constante e o maior desafio é eliminar os oponentes e manter o personagem vivo. Como esses jogos oferecem apenas o formato estéreo, não podemos localizar a posição dos inimigos pelos tiros que, por muitas vezes, aparecem de todos os lados. O jogador sabe que esta sendo atacado, mas não sabe identificar a direção de seu adversário apenas ouvindo o barulho dos tiros. Isso prejudica de certa forma a diversão e deixa a desejar em comparação com um jogo que oferece esse tipo de experiência, como o Crysis 2 e o futuro Battlefield 3.

A experiência torna-se ainda maior com os sons ambientes, como vento, chuva, trovões, entre outros. Gravações realizadas com a utilização de manequins e fones de ouvido por parte dos jogadores tornam o áudio do jogo extremamente realista. Como já mencionado, os fones oferecem o áudio sem distorções causadas pelo ambiente. Em um jogo de primeira pessoa, por exemplo, você pode ouvir os passos de um inimigo em todas as direções, incluindo se está um nível acima ou abaixo de sua posição. Em Half Life 2 existem locais que os personagens conversam entre si. Mantendo o personagem parado, com sua visão fixa, os outros personagens irão se movimentar pelo cenário enquanto eles falam. Pela voz deles e o barulho de seus passos, dá para identificar precisamente a localização deles no cenário. Dá para saber se ele está à frente, andando por detrás, se está se aproximando ou distanciando em relação à posição do jogador.

A princípio pode parecer algo simples, afinal de contas na realidade o ser humano capta o som desta maneira e muitas vezes o jogador nem repara em tal efeito, mas é fundamental o uso de áudio 3D para criar o efeito de realidade e aumentar a imersão do jogador no ambiente do jogo e conseqüentemente em sua história (McDONALD, 2004) (AZEVEDO, 2005).

É preciso criar para o jogo uma identidade sonora, onde em um simples disparo de arma de fogo é possível reconhecê-lo, tem que ser algo único. Quando o áudio não é pensado como uma das prioridades em um jogo a experiência com ele fica muito limitada, o som tem que estar condizente com o propósito do jogo. Os sons de fundo como, as ondas do mar, vento, folhas de árvores são usados para imergir o jogador e a simples ausência desses sons é percebida por ele. A indústria de jogos eletrônicos, assim como os jogadores, passou a exigir uma boa qualidade de áudio. Os profissionais de áudio não podem simplesmente improvisar soluções apenas para preencher um vazio sonoro ou não deixar algum objeto sem um ruído característico. Um som de uma espada ao bater na outra tem que soar como na realidade e a mesma espada tem que soar convincente quando bate em uma parede de tijolos.

À medida que os efeitos visuais se tornam melhores e mais realistas o áudio desempenha um papel importante para reforçar a ilusão de realidade. Somente os gráficos por si só perdem o interesse (NOVAK, 2010).

A Figura 18 mostra o jogo Crysis 2 da Crytek, no qual os efeitos sonoros e a música são partes da experiência que o jogador tem com o jogo. Se estiver utilizando um sistema de áudio 3D 5.1 os efeitos de explosões e tiros das armas são extremamente realistas e poderão ser localizados apenas ouvindo seus ruídos.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Figura 18. Foto o jogo Crysis 2 da Crytek, para PC, Playstation 3 e Xbox 360

Fonte: SUPERDOWNLOADS, 2011).

A música adaptativa que compõe um jogo, que como explicado, muda em resposta às interações do jogador é um desafio não apenas para profissionais de áudio, mas para praticamente todas as áreas de desenvolvimento de um jogo. Elas devem estar sincronizadas com o ambiente e sem deixar espaços vazios entre a mudança de uma música para outra. A área de programação do jogo tem que estar sincronizada com os efeitos de áudio.

No jogo *Need for Speed Underground 2* da Electronic Arts (2004), por exemplo, oferece uma grande variedade de peças e motores para o jogador utilizar em seu carro conforme ele vence os desafios do jogo. Cada modificação de estrutura no carro, mudança de pneus, entre outros acessórios devem soar diferente um dos outros e principalmente os motores, cada um tem seu som característico e representa uma parte essencial da diversão.

Nos atuais consoles, um dos principais objetivos do áudio é obter o efeito de hiper-realismo, criado através do aumento da qualidade, quantidade e adaptabilidade do áudio em um jogo (LENDINO, 2005).

Para se conseguir obter algo próximo ao real em uma cena de jogo, o áudio deve estar sincronizado com os elementos gráficos e processado em tempo real. Talvez esta seja a maior diferença do áudio em games se comparado ao cinema. Por ser em tempo real ele oferece ao jogador a possibilidade de identificar um único som em uma localização específica no espaço 3D. Jogos de espionagem como a série *Splinter Cell* da Ubisoft, necessitam de som *sorroud*. O principal desafio é não ser notado pelos inimigos e para isso o personagem deve mover-se o mais discretamente possível, pois é através do ruído que o personagem faz que os inimigos descubram sua localização. Em determinados momentos os passos dos inimigos se distanciando de sua posição e podendo se identificar se está a sua frente ou atrás é fundamental para poder se movimentar sem ser notado por eles. Se um jogo deste gênero não usar os recursos do áudio 3D que possibilitam ao jogador identificar a posição do inimigo, perderia muito em proporcionar desafios ao jogador baseado no som, prejudicaria a diversão e principalmente o grau de envolvimento que o jogador teria com o jogo seria bem menor (KOLLINS, 2008).

Atualmente, com a popularização de *home theaters* que suporta 5.1 canais, a grande maioria dos jogos está sendo lançadas com suporte de som *sorroud*. Este formato é o padrão atualmente na indústria de jogos eletrônicos. Para jogadores de PC, que possibilita jogar mais próximo a tela e são os que mais utilizam fones de ouvido, o áudio 3D por fones de ouvido torna-se uma experiência mais completa em relação ao áudio que o jogo pode oferecer.

O áudio 3D não é o único responsável por tornar um jogo bom, é a soma de diversos fatores que incluem programação, elementos gráficos convincentes, reações de física próximas a da realidade, entre outras que tornam um jogo reconhecido. O som não é o principal fator, mas possui uma parcela significativa para a diversão e qualidade que o jogo apresenta.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

É óbvia a constatação que um jogo utilizando som 3D obtém uma melhor qualidade do que não se utilizando esta tecnologia, pelos recursos e desafios que pode acrescentar ao jogo.

O áudio de jogos atualmente recebe muito mais atenção pelos desenvolvedores do que há algum tempo atrás, como na década de 1990.

A música proporciona um contexto emocional e tem o objetivo de ligar este contexto aos elementos na tela. Imagem e som estão interligados em um jogo assim como no cinema, mais por ser interativo, o jogador pode explorar um mundo virtual, a emoção causada pelas imagens e sons envolventes amplifica a sensação de imersão.

Por ser o padrão na indústria de jogos atualmente, o uso de áudio 3D torna-se fundamental, assim como bons elementos visuais e um bom roteiro, para o sucesso de um jogo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme afirmação de Novak (2010), o áudio é extremamente importante para se criar a atmosfera de um jogo, seu clima e proporcionar ao jogador uma experiência de imergir no jogo e se sentir como se fosse o personagem.

O áudio não é o único responsável pelo sucesso ou fracasso de um jogo, mas juntamente com os elementos gráficos que, até pouco tempo atrás era tido como principal recurso, torna-se uma ferramenta muito importante e aliado a um bom roteiro, tornam-se os elementos principais para um jogo se tornar conhecido. Os elementos gráficos estão limitados à qualidade e ao tamanho da tela de televisão, monitor ou dispositivo que o jogador esteja usando e muitas vezes a pessoa torna-se alheia a essa situação. Uma cena de suspense pode não ter o impacto desejado se o jogador estiver usando uma tela pequena. Apesar do áudio também estar limitado à qualidade do equipamento, não necessita apenas de caros aparelhos de *home theaters* de 5.1 ou mais canais de som para aproveitar os recursos do áudio 3D. Basta um fone de ouvido simples, sem necessariamente ser de grandes marcas para aproveitar o som tridimensional e sua riqueza de detalhes. Pois ao contrário dos elementos gráficos que tentam simular a realidade com toda sua complexidade, o áudio produzido atualmente pelos estúdios é praticamente idêntico, com uma margem muito pequena de diferença, ao som real.

Os jogos começaram a utilizar técnicas que eram apenas utilizadas pelo cinema para melhorar sua qualidade, pois se sabe que a música produz alterações no emocional de uma pessoa e os jogos sendo interativos é uma forma ainda mais poderosa de utilizar o áudio para alterar o estado emocional do jogador, pois responde imediatamente a suas ações no jogo.

O áudio de um jogo pode passar despercebido por um jogador, mas se for ruim, com certeza será lembrado de forma negativa. Neste contexto, este trabalho propõe, ainda que de forma modesta, demonstrar como o áudio, especificamente o 3D, acrescenta na qualidade de um jogo e conseqüentemente em sua diversão.

Utilizando softwares gratuitos e equipamentos relativamente baratos pode-se obter resultados em áudio que com certeza acrescentará positivamente em um jogo, sendo casual ou não.

Após esclarecer o termo áudio 3D, que muitas vezes é generalizado e confundido e demonstrar o processo de gravação e edição deste tipo de formato feito pelos estúdios profissionais que desenvolvem trilhas sonoras e efeitos para cinema e jogos, este trabalho mostra as principais técnicas, softwares e hardwares para gravar e editar um som tridimensional para pessoas que não dispõem de recursos financeiros para adquirir caros equipamentos e softwares de gravação e edição de som.

Em uma breve história sobre o áudio em jogos eletrônicos, fica evidente a importância deste recurso em um jogo, principalmente na nova geração de consoles que utilizam áudio 3D e se usam dele para criar desafios e explorar melhor o mundo fictício criado por ele.

Por fim, não é apenas vantagem para um jogo se valer deste recurso, mas atualmente é uma exigência, pois como foi mostrado neste trabalho, é um recurso indispensável para a qualidade final e uma forma de elevar a experiência do jogador e tornar o mundo virtual o seu mundo. A sensação de se sentir no ambiente do jogo, cercado por sons de todos os lados de forma que o som responde as atitudes feitas pelo jogador é algo valioso, e novamente é fundamental para ressaltar uma das principais razões pelas quais um jogo é desenvolvido, que é a diversão que ele proporciona.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Luciano. **Fazendo música no computador**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- ANDERSON, Jeffrey. **Binaural Dummy-Head Tutorial**. Disponível em: <<http://digdagga.com/dummy/index.html>>. Acesso: Mai. 2011.
- ARCADE HISTORY. Disponível em: <http://www.arcadehistory.com/?n=pong&page=detail&id=2007> Acesso em: Mai. 2011.
- AUDACITY. Disponível em: <<http://audacity.sourceforge.net/> Acesso>. em: Mai. 2011.
- AVID. Disponível em: <<http://www.avid.com/US/products/family/Pro-Tools>>. Acesso em: Mai. 2011.
- AZEVEDO, Eduardo. **Desenvolvimento de jogos 3D e aplicações em realidade virtual**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- BARTLETT, Bruce. **On-location recording techniques**. Woburn: Focal Press, 1999.
- BATINNO, David. How 3D Audio Works. **Maximum PC**. Imagine Media. Abril de 2000, p 65-68.
- CREATIVE, Labs. Disponível em: <<http://us.store.creative.com/Creative-Sound-Blaster-XFi-Titanium-HD/M/B0041OUA38.htm>>. Acesso em: Mai. 2011.
- FORTE, Cleberson E. **Software educacional potencializado com realidade aumentada para uso em física e matemática**. Piracicaba, 2009.
- HANCOCK, Terry. **Assembling Ogg Soundtracks for an Ogg Video with Audacity, VLC, and Command Line Tools**. Disponível em: <http://www.freesoftwaremagazine.com/columns/multiplexing_flac_channels_5_1_surround_sound_audacity#>. Acesso em: Mai. 2011.
- HANCOCK, Terry. **Understanding Surround and Binaural Sound**. Disponível em: <http://www.freesoftwaremagazine.com/columns/understanding_surround_and_binaural_sound>. Acesso em: Abr. 2011.
- KOLLINS, Caren. **Game sound**. Cambridge: MIT Press, 2008.
- LENDINO, Jamie. **Get in the Game**. Disponível em: <http://emusician.com/mag/emusic_game_2/>. Acesso em: Abr. 2011.
- MARKS, Aaron. **The complete guide game audio**. Second Edition. Burlington: Focal Press, 2009.
- McDONALD, Glenn. **A history of videogame music**. Disponível em: <<http://www.gamespot.com/features/6092391/a-history-of-video-game-music/>>. Acesso em: Abr. 2011.
- MORIMOTO, Carlos E. **Placas de som 3D**. Disponível em: <http://www.hardware.com.br/analises/placa-som/> Acesso em: Abr. 2011.
- NOVAK, Jeannie. **Desenvolvimento de games**. Tradução da 2ª Edição Norte- Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- OCTOPART. Disponível em: <<http://octopart.com/wm-60ay-panasonic-154679>>. Acesso em: Mai. 2011.
- PLANETA GAMER. Disponível em: <http://www.planeta-gamer.blogspot.com/> Acesso em: Mai. 2011.
- PORTALXBOX. Disponível em: http://www.portalxbox.com.br/e107_plugins/forum/forum_viewtopic.php?1063293.0>. Acesso em: Mai. 2011.
- QSOUND. Disponível em: <<http://www.qsound.com/index.htm>>. Acesso em: Mai. 2011.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 35 – 56	mar. / set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

RUMSEY, Francis. **Spatial audio**. Woburn: Focal Press, 2001.

RUMSEY, Francis, McCORMIC, Tim. **Sound and recording**. Sixth Edition. Burlington: Focal Press, 2009.

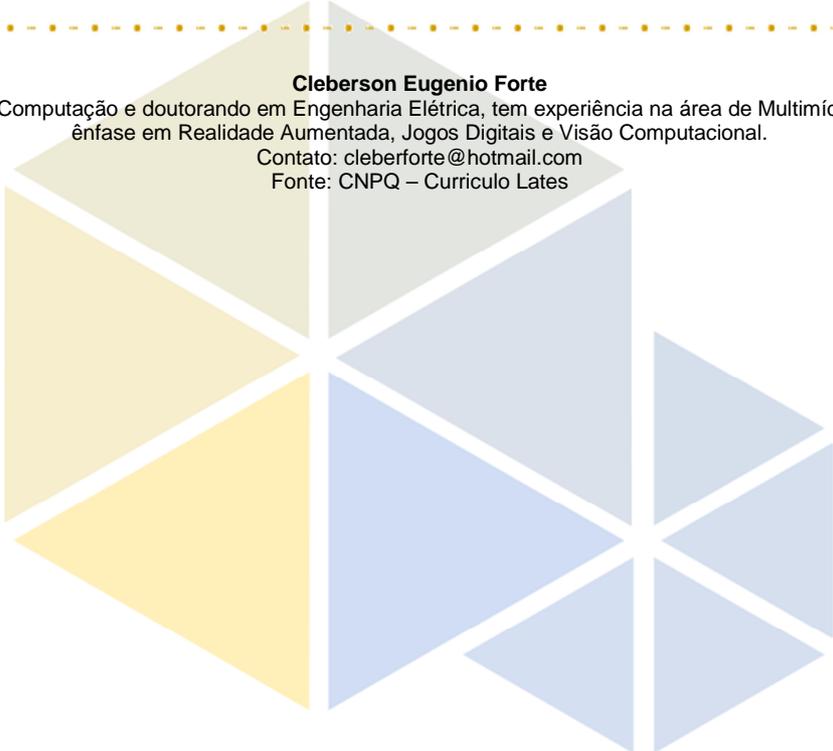
SIMON, Art. Disponível em: <<http://art.simon.tripod.com/stealth.html>>. Acesso em: Mai. 2011.

SUBMÚSICA. Disponível em: <<http://www.submúsica.com/binaural-recording-som-51-em-fones-de-ouvido/>>. Acesso em: Abr. 2011.

SUPERDOWNLOADS. Disponível em: <<http://www.superdownloads.com.br/materias/computador-preparado-para-crysis-2.html>>. Acesso em: Mai. 2011.

THORNTON, Mike. **Sorroud Sound in Pro Tools TDM & LE**. Disponível em: <http://www.soundonsound.com/sos/apr06/articles/ptworkshop_0406.htm>. Acesso: Mai. 2011.

ZASNICOFF, Dennis. **Microfonação binaural**. Disponível em: <<http://www.audicaocritica.com.br/o-que-e/151-microfonacao-binaural>>. Acesso em: Mai. 2011.



Cleberson Eugenio Forte

Mestre em Ciência da Computação e doutorando em Engenharia Elétrica, tem experiência na área de Multimídia Computacional, com ênfase em Realidade Aumentada, Jogos Digitais e Visão Computacional.

Contato: cleberforte@hotmail.com

Fonte: CNPQ – Currículo Lattes