

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE COMPUTAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
BACHARELADO EM TECNOLOGIAS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso II

**ÁUDIO ADAPTATIVO BASEADO EM EMOÇÕES: TRILHA SONORA DINÂMICA
PARA AMBIENTES VIRTUAIS INTERATIVOS**

**Felipi Medeiros Macedo
felipimedeirosmacedo@gmail.com**

**Carlos Eduardo Nery
cadunery@gmail.com**

Tipo de Trabalho: pesquisa com implementação

Caxias do Sul, 17 de julho de 2012.

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE COMPUTAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
BACHARELADO EM TECNOLOGIAS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso II

**ÁUDIO ADAPTATIVO BASEADO EM EMOÇÕES: TRILHA SONORA DINÂMICA
PARA AMBIENTES VIRTUAIS INTERATIVOS**

Trabalho de Conclusão de
Curso para obtenção do Grau
de Bacharel em Tecnologias
Digitais da Universidade de
Caxias do Sul.

**Felipi Medeiros Macedo
felipimedeirosmacedo@gmail.com**

**Carlos Eduardo Nery
cadunery@gmail.com**

Tipo de Trabalho: pesquisa com implementação

Caxias do Sul, 17 de julho de 2012.

*Principalmente
àqueles que gostam
de música, mas para
os que não gostam
também.*

Agradecimentos

Especialmente, aos meus pais, Gelson Luiz Lima Macedo e Márcia Medeiros Macedo, que souberam entender minha fixação por assuntos acadêmicos e minha necessidade de falar sobre isso 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Igualmente importantes, meus amigos, colegas e familiares, entre eles (mas não somente): Gregori Alves, Gustavo Medeiros Lionço, Carolina Luchese, Tássia Porto, Jéssica Bonatto da Rosa, Aline Corso e Reginaldo Devens Araldi.

Agradeço também a todos os professores que me apoiaram, me ajudaram, conversaram bastante e me incentivaram a seguir a vida acadêmica, incluindo mas não limitando-se a: Silvana Boone, João Luis Tavares da Silva, Carlos Eduardo Nery, Ana Mery Sehbe de Carli, Ivana Almeida da Silva e Denison Linus da Motta Tavares.

Agradecimentos especiais aos membros das bandas Opeth, Porcupine Tree, Dream Theater, The Mars Volta, The Gathering, Pain of Salvation e Mastodon, porque boa parte da minha produção acadêmica, incluindo este trabalho, surgiu sob influência dessas bandas.

E, por fim, Monstro Espaguete Voador, porque sim.

Resumo

Este trabalho consiste em uma pesquisa teórico-prática sobre áudio adaptativo baseado em emoções, constituindo uma trilha sonora dinâmica para ambientes virtuais interativos. A proposta se situa numa revisão bibliográfica que apresenta brevemente a história do áudio e das trilhas sonoras no cinema e nos jogos eletrônicos, para então mostrar o embasamento teórico tratando a percepção e o sentido do som e da música, seguido de um estudo que relaciona diferentes aspectos musicais a emoções que podem ser induzidas pelos mesmos. Esse embasamento serve como sustentação para a proposta e desenvolvimento de um trabalho prático que consiste de um jogo eletrônico cuja trilha sonora é capaz de adaptar-se às situações do mesmo e induzir diferentes emoções no jogador. Além do processo de criação e desenvolvimento, são apresentadas conclusões referentes aos resultados atingidos.

Palavras-chave: áudio, jogos eletrônicos, música e emoção.

Abstract

This work consists of a theoretical-practical research about adaptive audio based on emotions, constituting a dynamic soundtrack for interactive virtual ambients. The proposal situates in a literature review that briefly presents the history of audio and soundtracks in film and video games, and then shows the theoretical foundation dealing with the perception and the sense of sound and music, followed by a study that links different music aspects with emotions that can be induced by them. This foundation serves as support for the proposal and development of a practical work which consists of a video game of which the soundtrack is able to adapt to the its situations and induce different emotions in the player. Besides the process of creation and development, conclusions referring the results attained are presented.

Keywords: audio, video games, music and emotion.

Lista de Figuras

Figura 1 : Mellotron	17
Figura 2 : Exemplo de modelo emocional bidimensional	26
Figura 3 : Captura de tela do jogo desenvolvido	37
Figura 4 : Arquivo plist usado como modelo externo	38
Figura 5 : Exemplo de situação das variáveis no espaço emocional	39
Figura 6 : Trecho de uma das linhas melódicas no software Guitar Pro	42
Figura 7 : Editando as linhas melódicas no software Studio One	43
Figura 8 : Montagem da música dinâmica no aplicativo FMOD Designer.	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 : Relação entre emoções e elementos musicais	27
Tabela 2 : Comparação de motores gráficos	30

Sumário

1. Introdução	10
2. Definições em música	12
3. Estado da arte do áudio e das trilhas sonoras	14
4. Da percepção à sensação musical	19
4.1 - A percepção sonora	19
4.2 - A função sonora	21
4.3 - A sensação sonora	22
5. Elementos musicais em modelos emocionais	25
6. Ferramentas de desenvolvimento	29
6.1 - Motores gráficos	29
6.2 - Bibliotecas de áudio	30
6.3 - Ferramentas de música e áudio	31
6.4 - Outras ferramentas	34
7. Desenvolvimento da aplicação	36
7.1 - Concepção	36
7.2 - Programação	39
7.3 - Composição musical	41
7.4 - Testes e validação	44
8. Considerações finais	46
9. Referências Bibliográficas	47

1. Introdução

O cinema percebeu que a associação sonora permitia dar maior credibilidade às imagens que eram apresentadas.

Semelhantemente os jogos eletrônicos também apresentam, desde suas primeiras gerações, efeitos sonoros e músicas que buscam aumentar a imersão do jogador, ou seja, o quanto ele se sente presente no ambiente virtual em que interage, e a credibilidade dos eventos que ocorrem na narrativa. No caso desses jogos, a tecnologia que se dispunha inicialmente dificultava o armazenamento e reprodução de som tal qual era feito no cinema, sendo mais prático produzir os sons sinteticamente. Com o passar do tempo, essas tecnologias avançaram, chegando ao ponto de possibilitarem o uso de áudio de alta qualidade dentro dos jogos. Porém, a composição das músicas pouco mudou com esses avanços (MENEQUETTE, PIRES JÚNIOR e OLIVEIRA, 2008).

Berndt e Hartmann (2007) afirmam que, devido à música para jogos ser composta de modo semelhante à música para cinema, alguns problemas podem surgir. Esses autores apontam que a linearidade da música tradicional formam um obstáculo para a união orgânica entre a música e o jogo, pelo fato deste ser dinâmico e interativo. Os autores propõem, para resolver isso, o uso de técnicas de composição que tornem a música adaptativa, podendo acompanhar melhor a dinâmica do jogo.

Tanto os jogos eletrônicos, como outros ambientes virtuais interativos similares, podem ampliar suas funções e características fazendo uso do áudio dinâmico, seja como referência a fenômenos semióticos extramusicais (NÖTH, 1995), como ambientações que evocam imagens que não estão presentes e ajudam a localizar o jogador (ADDAMS e ROLLINGS, 2007), estabelecendo o ritmo da narrativa, ou ainda utilizando diferentes elementos de composição e articulação musical para induzir diferentes emoções no usuário (LIVINGSTONE, MUHLBERGER e BROWN, 2010).

Considerando toda a gama de possibilidades do uso do áudio dinâmico e da música em jogos eletrônicos e outros ambientes virtuais interativos, este trabalho tem como objetivo focar o estudo da psicologia da música, dos tipos de emoção e das características musicais, com o intuito de descobrir como a incorporação desses elementos pode aumentar a ligação emocional, imersão e

fruição do usuário com esses ambientes virtuais interativos.

Este texto divide-se seguindo os capítulos:

Definições em música – termos e conceitos importantes para entendimento do trabalho como um todo.

Estado da arte do áudio e das trilhas sonoras – histórico do áudio e das trilhas sonoras em cinema e jogos eletrônicos, até os dias atuais.

Da percepção à sensação musical – princípios físicos e psicológicos de como se percebem os sons e como são atribuídos significados a eles.

Elementos musicais em modelos emocionais – propostas de modelos emocionais e suas relações com a música.

Ferramentas de desenvolvimento – apanhado geral sobre as ferramentas existentes para o desenvolvimento da aplicação proposta, e justificativas das decisões tomadas quanto à essas.

Desenvolvimento da aplicação – abordagem sobre o processo de desenvolvimento do trabalho prático.

Considerações finais – conclusões sobre o trabalho.

2. Definições em música

Nesse trabalho, são mencionados diversos termos que são comuns em quaisquer textos tratando de música, mas que podem ser desconhecidos por aqueles que não estão familiarizados com o assunto. Para melhor entendimento do texto, alguns desses termos serão explicados a seguir.

Chediak (2009, p. 41) divide a música em **melodia**, que “é uma sucessão de sons musicais combinados”, **ritmo**, que “é a duração e acentuação dos sons e das pausas”, e **harmonia**, “[...] a combinação dos sons simultâneos”.

O mesmo autor ainda define a **altura** como o quão grave ou agudo o som é. O autor também define **intensidade**, sendo essa o quanto forte é o som (amplitude de sua vibração), e o **timbre**, que é a característica única do som de cada instrumento.

Polifonia é denominada como sendo a “textura musical formada por duas ou mais vozes ou linhas melódicas independentes” (GONÇALVES, 2008). O **contraponto**, por sua vez, é o nome que se dá às melodias de duas vozes, onde a nota de uma voz é sempre acompanhada por uma nota diferente na segunda voz (WISNIK, 1989).

Um **intervalo** caracteriza a distância entre duas notas musicas, expresso pelo número de notas que ficam nesse espaço (GONÇALVES, 2008). A **dissonância** é um “intervalo de duas notas ou um acorde que produz som desequilibrado, em tensão, contrário à consonância” (GONÇALVES, 2008, p. 291).

Modalidade é o “sistema que se utiliza para fixar os tons e os semitons em uma escala” (GONÇALVES, 2008, p. 302). Quando refere-se à modalidade **maior**, significa que entre a primeira nota da escala e a terceira existe um intervalo de dois tons (e.g. dó e mi), e a modalidade **menor** significa um intervalo de um tom e meio, ou três semitons, entre a primeira nota e a terceira (e.g. dó e ré sustenido).

Tonalidade é a forma de composição onde as melodias e harmonias são construídas em relação à uma nota principal, chamada de tônica (WISNIK, 1989).

Articulação é a maneira como as notas são tocadas, podendo citar a articulação **legato**, onde as notas são executadas sem interrupções, e a articulação **staccato**, a execução interrompida das notas (GONÇALVES, 2008).

O **tempo** é definido como a velocidade, ou andamento, em que a música é interpretada (GONÇALVES, 2008).

A **síncope** é uma nota acentuada em um momento fraco de um compasso musical (GONÇALVES, 2008).

O entendimento desses termos é importante, pois caracterizam elementos básicos da música que terão papel fundamental ao longo de todo este trabalho.

3. Estado da arte do áudio e das trilhas sonoras

Quando se fala em áudio, é importante entender o que o diferencia do som. O som nada mais é do que um fenômeno físico, enquanto que o áudio é uma estrutura que permite codificar o som (MENEGUETTE, 2011). Enquanto o som é o resultado da propagação ondulatória das vibrações de corpos, que é interpretada apenas quando chega ao cérebro após ser captada pelo aparelho auditivo (WISNIK, 1989), o áudio é apenas a representação (elétrica, digital etc.) de um som.

O princípio do áudio está, basicamente, na possibilidade de guardar um som em algum suporte físico, que o permita ser reproduzido posteriormente quando e quantas vezes necessário, não havendo mais a necessidade de se estar no mesmo lugar e momento que a fonte do som original para poder ouvi-lo de fato. Essa possibilidade se iniciou com a invenção do fonógrafo em 1877, por Thomas Edison, que permitia que sons fossem gravados em uma folha de aço, e então reproduzidos através do aparelho (SERRA, 2002).

Nas produções audiovisuais, está intrínseca a presença dos elementos visuais e sonoros, complementando um a linguagem do outro. Mas, seguindo a definição acima, manifestações audiovisuais, como o cinema, passaram a incorporar o áudio depois de já se utilizarem do som propriamente dito. No seu nascimento, em 1894, o cinema não dispunha de acompanhamento sonoro ou musical, embora houvesse a presença de um pianista, que tocava simplesmente para mascarar o ruído dos projetores rudimentares. Em pouco tempo, os filmes passaram a ter acompanhamento sonoro, produzido por músicos e atores improvisando durante a exibição, procurando aperfeiçoar o filme, e ainda mantendo a ideia fundamental de não deixar que o som do projetor distraísse os espectadores (MANZANO, 2003). Esse acompanhamento passou de diegético, com a simples reprodução de sons que imaginavam-se estar dentro da cena, a extradiegético, com sons e músicas que não surgem da cena, mas sim vem de uma fonte externa à narrativa, com intuito de imitar uma ação musicalmente, induzir alguma emoção, ou ainda criar uma ambientação (WIERZBICKI, 2008).

Essa evolução da produção sonora no cinema não se deu de uma hora para outra. Rosenfeld (apud MANZANO, 2003) relata que, apesar de inicialmente os pianistas e orquestras que tocassem junto aos filmes o fizessem de uma

maneira totalmente desconectada ao enredo que passava, alguns pianistas já começaram a criar uma certa atmosfera musical para os filmes, improvisando e tentando acompanhar o ritmo das cenas. Rosenfeld ainda acrescenta que as orquestras logo passaram a fazer certa forma de improvisação, que consistia em um dirigente que acompanhava o filme e selecionava as músicas do repertório que mais combinavam com a cena em questão. Isso evoluiu para situações onde o diretor passava as noções gerais do filme para o dirigente da orquestra, de forma que esse pudesse preparar a apresentação musical previamente e com uma maior sincronia com o filme, iniciando o que viria a ser a composição de músicas próprias para filmes.

No final da década de 1920, o cinema já estava incorporando o som fisicamente – o áudio propriamente dito – usando a tecnologia do Vitaphone, um disco de vinil que era tocado em sincronia com o filme projetado. Porém, a necessidade de mostrar ao público essa nova tecnologia fez com que os filmes dessa época estivessem muito focados no diálogo excessivo e na reprodução de sons em demasia. Isto foi visto por alguns dos grandes atores e diretores do cinema mudo, como Chaplin e Eisenstein, como uma involução do cinema (MANZANO, 2003, p. 85-94).

Alguns desses mesmos críticos do cinema falado viriam a propor o uso do áudio como verdadeiro aliado à imagem. Eisenstein buscou unir seus conceitos de montagem com o som, propondo conceitos que caminham da música para a imagem e vice-versa, como a montagem vertical, polifônica, das imagens e dos sons, onde o filme não apenas segue uma, mas várias linhas simultâneas do enredo, levando a ideia das partituras musicais para o filme (MANZANO, 2003, p. 95). Juntamente com Pudovkin e Alexandrow (apud BERNDT; HARTMANN, 2007), Eisenstein distingue a relação música-imagem com os conceitos de paralelismo e contraponto, definindo o paralelismo como as situações onde o som acompanha a imagem e o contraponto audiovisual, como as situações onde o som opõe-se à imagem. Mas, apesar dessa diferenciação, o diretor defende a composição do filme como uma união do som e imagem em um elemento só. Em seu livro “A Forma do Filme”, Eisenstein (1990, p. 27-33) compara o teatro japonês Kabuki com o cinema sonoro, considerando o seu conjunto monístico de todos os elementos, onde o som, imagem, espaço e movimento não

acompanham um ao outro, mas formam uma unidade teatral, podendo imagem e movimento substituir ou complementar o som, assim como um som pode evocar uma imagem.

As tecnologias para gravação e reprodução de áudio continuaram a evoluir, mas mantiveram-se num mesmo molde, sendo que por muito tempo a principal forma de se armazenar os sinais de som foi por meio de fitas magnéticas ou discos de vinil. Se para o cinema isso era suficiente, para jogos eletrônicos foi um problema: os primeiros jogos eletrônicos comerciais, que surgiram na década de 1970, não podiam utilizar as técnicas usuais para reprodução de áudio, devido à fragilidade e aos custos dos dispositivos. A solução mais simples para esse problema foi recorrer à síntese eletrônica de sons (MENEQUETTE, PIRES JÚNIOR e OLIVEIRA, 2008).

A síntese consiste em criar sons e timbres à partir de princípios matemáticos, gerando a onda sonora desejada. A primeira máquina, de certa forma, a sintetizar som, foi o Telharmonium de Thaddeus Cahill, em 1897, que convertia a velocidade da rotação de dínamos em som. Após isso, por volta de 1935, surgiu o órgão Hammond, que veio a se tornar famoso na década de 1960, e ainda é usado até hoje em dia, por conta de seu timbre característico (Som 1 – ver ANEXO A), e que também usava a síntese para gerar seus sons. Outros instrumentos desse estilo que surgiram e ficaram famosos nas décadas de 1960 e 1970, principalmente entre os grupos de rock progressivo, foram o Mellotron (Figura 1, Som 2 – Ver ANEXO A), que produzia sons à partir de fitas magnéticas que eram reproduzidas ao apertar as teclas, e o sintetizador Moog (Som 3 – ver ANEXO A), que possuía um grande grupo de módulos a serem programados, permitindo uma infinidade de combinações e timbres diferentes para o som (SERRA, 2002).



Figura 1 : Mellotron

Fonte:<http://www.kleonard.com/mellotron/vt0303/images/mp0303-03.jpg>

Mas, o que realmente contribuiu aos jogos eletrônicos foi a síntese digital de sons, que ao contrário dos instrumentos mecânicos, que dependiam de diversos componentes para serem construídos, podia gerar o áudio digital simplesmente com o uso de chips e componentes eletrônicos, que facilitava a integração do sistema de áudio ao jogo propriamente dito. As primeiras gerações de videogames, até o fim da década de 1980, utilizavam sistemas de áudio com poucos canais, o que geralmente permitia a síntese de efeitos sonoros simples, um instrumento de percussão, e de um a três instrumentos melódicos (Som 4¹ – ver ANEXO A). Na década de 1990, já havia a possibilidade de reprodução de informações digitalizadas de áudio, como vozes e efeitos mais próximos dos sons reais (Som 5² – ver ANEXO A). A partir de meados da década de 1990, os consoles de videogame já tinham a possibilidade de reproduzir músicas e efeitos sonoros com alta qualidade (Som 6³ – ver ANEXO A), assim como a dos CDs (compact discs) (MENEQUETTE, PIRES JÚNIOR e OLIVEIRA, 2008).

Com as tecnologias de áudio disponíveis atualmente, as possibilidades de

¹ Música do jogo Super Mario Bros. para o console Nintendo Entertainment System. Os instrumentos sintetizados não remetem à instrumentos reais.

² Música do jogo *Megaman X* para o console *Super Nintendo Entertainment System*. A sonoridade dos instrumentos sintetizados aproximam-se mais dos instrumentos reais em relação ao som anterior.

³ Música do jogo *Castlevania: Symphony of the Night*, para o console Playstation. São utilizadas vozes reais, e não mais sintetizadas.

reprodução de sons no cinema e nos jogos eletrônicos se tornam bem parecidas, ambos apresentando efeitos sonoros, músicas e dublagens de alta qualidade. Mas, uma diferença entre essas duas mídias é fundamental: enquanto o cinema é apresentado num modelo fechado, que se desenrola sempre da mesma forma, os jogos eletrônicos permitem uma dinâmica muito maior, podendo ser diferente para cada jogador, ou ainda diferente para o mesmo jogador, em momentos diferentes que é jogado. E, sendo o jogo dinâmico dessa forma, o áudio também pode sofrer essas alterações, que não acontecem no cinema e em outras mídias anteriores aos jogos eletrônicos.

Existem dois principais conceitos que envolvem o áudio dinâmico nos videogames: o áudio interativo e o áudio adaptativo. O áudio interativo acontece como resposta direta a uma ação do jogador, enquanto o áudio adaptativo se caracteriza pela antecipação ou modificação do áudio referente a eventos do ambiente, que não precisam estar diretamente ligados à ação de quem joga (MENEGUETTE, 2011). Esses dois conceitos levam o áudio a um novo nível, onde a estrutura do áudio deixa de ser fechada, e passa a poder ser modificada em tempo real, durante a sua execução.

Os primeiros sistemas adaptativos de áudio nos jogos eletrônicos surgiram na década de 1990, como o iMuse da empresa Lucas Arts, que modificava a música para se adaptar aos acontecimentos do jogo, e o DirectMusic da Microsoft, com propósitos similares (MENEGUETTE, PIRES JÚNIOR e OLIVEIRA, 2008). Esses sistemas continuaram a evoluir, e atualmente existem diversas técnicas e até sistemas comerciais, como o FMOD, que podem ser utilizados para criar situações onde a música e os efeitos sonoros do game adaptam-se ao jogo e às ações do jogador de forma suave, aumentando a imersão do jogador no mundo virtual.

4. Da percepção à sensação musical

4.1 - A percepção sonora

Fisicamente, o som é uma sequência de impulsos e repousos, produzidos pela vibração de corpos, que se propagam de forma ondulatória pela matéria (WISNIK, 1989). Os sons podem ser divididos em puros e compostos, sendo o primeiro aqueles que são constituídos de apenas uma frequência, e o segundo aqueles compostos por mais de uma frequência. No dia-a-dia, casos de sons puros são muito raros, pois as características físicas dos objetos normalmente tendem à vibração irregular de suas moléculas, o que resulta em diferentes frequências sonoras simultâneas (ZUBEN, 2004).

Os elementos fundamentais do som (frequência, amplitude, duração), quando organizados, podem ser percebidos como formas sonoras, e passam a carregar algum sentido quando reconhecidas. O reconhecimento dessas formas sonoras pode ser dividido em dois grandes sistemas: um baseado na simples observação de fenômenos próximos e acontecendo no mesmo instante, como o barulho do fogo em uma lareira; outro baseado em uma aprendizagem a longo prazo, como o domínio da fala. Esse reconhecimento, todavia, só acontece posteriormente à percepção dessas formas sonoras (RODRÍGUEZ, 2006).

A percepção e o reconhecimento das formas sonoras diferenciam-se pelo fato de que uma composição de diferentes fragmentos sonoros, que por si só podem ser percebidos como formas específicas, passa a ser reconhecida como algo completamente novo. Assim, é possível criar novos objetos sonoros que serão percebidos como blocos sonoros coerentes e fechados, que possuam um significado totalmente diferente dos originais (RODRÍGUEZ, 2006).

Algumas formas sonoras básicas são diferenciadas ainda no nível perceptivo: o ruído, que comumente é definido como todo som desagradável, nada mais é que um emaranhado sonoro isento de mudanças temporais e tonais perceptíveis; o silêncio também é um fenômeno puramente perceptivo, que se caracteriza pela sensação da ausência do som, sendo a ausência absoluta do som algo impossível. Além disso, mesmo em situações mais complexas, a audição humana tende a simplificar as estruturas sonoras, separando os fragmentos sonoros que possuam características semelhantes (RODRÍGUEZ,

2006).

Indo além do ruído e do silêncio, os sons compostos, quando consoantes, ou seja, percebidos como um único som, produzem uma sensação tonal concreta, onde apesar da sobreposição de diversas frequências harmônicas, consegue-se distinguir sua altura de outras alturas tonais, devido à percepção da frequência mais baixa das frequências que compõem o som (a chamada frequência fundamental ou *pitch*). A organização que essas frequências mantêm entre si, independente de duração, intensidade e altura tonal, nos permite perceber a estrutura acústica dos sons compostos, o que nos dá a sensação tímbrica (ZUBEN, 2004). Além disso, essa característica física dos objetos, de soarem com diversas frequências organizadas, é a base para a formulação da teoria musical.

A relação entre a frequência fundamental e as harmônicas que são percebidas no toque de um instrumento não são simplesmente aleatórias – as distâncias entre as diferentes alturas, chamadas de intervalos, foram formuladas numericamente por Pitágoras (WISNIK, 1989). Esses intervalos são raiz não apenas para a melodia (construção horizontal da música), mas também para a harmonia (construção vertical) (SEASHORE, 1967, p. 75), sendo que ambas só podem ser diferenciadas quando inseridas num contexto rítmico (construção da música em função do tempo). A música é, portanto, uma formalização da organização dos sons.

A música, por si só, pode ser percebida e reconhecida, carregando significados referentes tanto à própria linguagem da música, quanto num contexto exosemântico, onde pode se relacionar com eventos sonoros (melodia que imite o som dos pássaros, por exemplo), emoções, ou até eventos sinestésicos idiossincráticos (NÖTH, 1995), como um determinado indivíduo associar uma melodia a algum sabor. Quando combinada à imagem, a música adquire uma nova dimensão perceptiva. A sincronia entre o que se vê e o que se ouve pode ser determinada em diversos níveis, como aponta Eisenstein (2002): existe uma sincronização externa, a dos objetos e seus respectivos sons, mas também há uma sincronização interna, que é determinada pelo elemento comum à imagem e ao som – o movimento.

O movimento define, em níveis mais baixos, o ritmo coincidente com que

as imagens e os sons serão apresentados (uma cadência métrica da composição audiovisual), mas também pode ser trabalhado para ir além disso: combinações e repetições contrapontuais e sincopadas podem resultar numa montagem rítmica. Esse movimento também pode acompanhar uma linha melódica, ou ainda produzir uma montagem audiovisual, tonal ou atonal, sendo esta uma união holística de diversos fragmentos que são percebidos como um todo (EISENSTEIN, 2002).

Todas essas formas de união entre imagem e som, baseadas no movimento, são possibilidades composicionais que buscam a sincronização dos significados dos fragmentos audiovisuais, e não apenas a sua relação fatural (EISENSTEIN, 2002).

4.2 - A função sonora

Apesar da percepção se dar geralmente do mesmo modo para as diversas formas com que o som se apresenta, seu reconhecimento pode acontecer de modos diferentes. Quando inseridos dentro de produções audiovisuais, o som e a música passam a ter um caráter narrativo, ao qual se atribuem funções, que podem ser classificadas como de valor emotivo, informativo, descritivo, de auxílio, temporal e retórico (WINGSTEDT apud BERNDT; HARTMANN, 2007). A função que cada som possui depende do seu contexto narrativo.

No cinema e outras mídias audiovisuais, a função do som e da música podem ser determinadas mais facilmente quando se determina sua fonte: se for diegética, é comum que tenha uma característica informativa ou descritiva, pois sua origem está no mundo ficcional e está representando o que está acontecendo (Vídeo 1 – ver ANEXO A); já as fontes extradiegéticas, que não alteram o ambiente da narrativa, costumam ter valor emotivo ou de auxílio, para prender a atenção do espectador ou aumentar as sensações. Já em ambientes virtuais, como nos jogos eletrônicos, a natureza transdiegética de certos sons, os quais possuem sua fonte externa à narrativa, mas tem influência sobre a mesma (e vice-versa) (JØRGENSEN, 2007), os dá uma nova gama de funções (Vídeo 2⁴ – ver ANEXO A).

⁴ Música transdiegética do jogo The Legend of Zelda: Ocarina of Time, para o console Nintendo 64. Embora a música venha de uma fonte externa ao mundo virtual, ela está intimamente ligada à presença de inimigos dentro desse mundo.

Tradicionalmente, o som num jogo eletrônico pode aparecer sob a forma de efeitos que correspondam a eventos que ocorrem no mundo virtual, podendo ser acompanhado de eventos visuais, ou ainda antecipando um acontecimento e funcionando como uma forma de alerta. Os efeitos sonoros também podem ser utilizados como resposta das interações do usuário com o ambiente do jogo, a interface e os menus (Som 7⁵ – ver ANEXO A). Além dos efeitos sonoros, o som ainda pode ser apresentado como ambiente (Som 8⁶ – ver ANEXO A), que é o áudio usado para situar o jogador no mundo virtual (ADDAMS e ROLLINGS, 2007). Shum (2009) ressalta que o uso do som ambiente podem servir para evocar uma imagem que não está realmente presente no ambiente virtual.

A música também tem papel importante nos jogos eletrônicos, ajudando a estabelecer o ritmo do jogo, ou passando mensagens culturais que devem estar encaixadas na temática do jogo como um todo. Há, além disso, a possibilidade de usar uma música que contraste com determinada situação, para acentuar certos pontos da narrativa ou dificultar a jogabilidade (ADDAMS e ROLLINGS, 2007).

4.3 - A sensação sonora

Mesmo apresentando funções bastante objetivas, o som e a música não são uma linguagem tão direta quanto a visual e a verbal, e enquanto formas sonoras simples podem ser facilmente reconhecidas e atribuídas a um significado (como relacionar um carro de polícia ao som de sua sirene), extrair significados de formas complexas, como músicas completas, é algo bem mais subjetivo. Pessoas com cultura e conhecimento musical similares podem experimentar emoções parecidas ouvindo a mesma música, mas ainda assim a experiência será diferente para cada uma delas (WIECZORKOSWKA, SYNAK e RAS, 2006). Segundo Seashore (1967), as características físicas das ondas sonoras – frequência, intensidade, duração e forma – estão relacionadas aos seus equivalentes psicológicos altura, volume, tempo e timbre, e os sentimentos provenientes da música são ativados em proporção à sensibilidade do ouvinte a

⁵ Som tocado quando jogador recebe uma vida extra no jogo *Super Mario Bros*.

⁶ Sons de ambiente do jogo *Dead Space*.

essas características psicológicas.

Seashore (1967) menciona quatro aspectos fundamentais da música: a tonalidade, que depende da altura (pitch) e do timbre; a dinâmica, que depende da intensidade; a temporalidade, que depende do tempo e da intensidade; e a qualidade do som. Todos esses elementos, quando sofrem variações, alteram a forma como sentimos a música.

Além desses aspectos, também há de se considerar a forma como ouvimos a música. Segundo Santaella (2001), há uma ligação direta entre os conceitos da semiótica de Peirce – primeiridade, secundidade e terceiridade – com as maneiras de ouvir música – emocionalmente, com o corpo, e intelectualmente, respectivamente. Já os efeitos que a música pode produzir "[...] dividem-se em três classes: emocional, energético e lógico" (SANTAELLA, 2001, p. 82).

A forma como ouvimos nunca será unicamente de uma dessas categorias, mas uma delas sempre irá se sobressair. Aplicando essa categorização de três níveis novamente em cada nível inicial, a mesma autora propõe nove categorias para os modos de ouvir uma música.

Na modalidade emocional, tem-se primeiro o ouvir apenas com sentimento, desconexo do tempo e espaço; em segundo, um ouvir comovidamente, uma espécie de movimento interno; e em terceiro, o ouvir emotivo, onde pode-se rotular o que se sente (alegria, tristeza, melancolia), baseando-se nos valores culturais de quem ouve (SANTAELLA, 2001, p. 83).

Sobre o ouvir com o corpo, o primeiro nível condiz com a sensação de fusão entre o ritmo e o corpo, como se o corpo gerasse o ritmo. No segundo nível, o corpo acompanha o ritmo energeticamente. Já no terceiro nível, o corpo acompanha o ritmo de forma coreografada, conhecendo os movimentos (SANTAELLA, 2001, p. 83-84).

Ouvindo intelectualmente, algo que só é possível para aqueles que foram educados musicalmente e tem alta sensibilidade às diversas variações da música, pode-se primeiro ter uma audição hipotética, onde uma composição apresenta características totalmente novas e não permite que o ouvinte estabeleça relações ou preveja os acontecimentos. Após isso, existe uma audição onde é possível analisar e visualizar a forma e estrutura da música. Já no

terceiro nível, a escuta da música é contextualizada em seu tempo, espaço e sistema de referência, sendo uma audição especializada (SANTAELLA, 2001, p. 84).

Apesar de todas essas características que são peculiares a cada indivíduo que ouve uma música, algumas relações entre sensação e estrutura musical já são amplamente aceitas na cultura ocidental, como é o caso de alguns intervalos em melodias e acordes – intervalos de terça maior parecem mais felizes, já os de terça menor parecem tristes (Som ⁹⁷ – ver ANEXO A); intervalos de quarta aumentada são instáveis; intervalos de sétima aumentam a sensação de tensão (WISNIK, 1989). Já o ritmo, segundo Seashore (1967), se favorece da característica perceptiva de agrupamento, unindo os sons em compassos, frases e estruturas maiores. Isso também permite com que nossa percepção se mantenha atenta à música, e saiba antecipar os próximos sons, o que pode ser usado pelo compositor para controlar os momentos de maior energia ou de relaxamento na composição.

A forma como os indivíduos sentem a música pode ser um recurso a ser utilizado pelo compositor, induzindo certas emoções que sejam desejadas por ele, ou que sejam requeridas pela narrativa de um filme ou jogo eletrônico, caso a música constitua uma trilha sonora. Mas, para que isso aconteça de forma eficiente, é necessário ter conhecimento de quais emoções se quer incitar, e quais técnicas de composição podem ser utilizadas para se atingir esse fim.

O próximo capítulo irá tratar dos modelos emocionais que permitem fazer essa relação entre as emoções e a música.

⁷ Acordes C (dó maior) e Cm (dó menor).

5. Elementos musicais em modelos emocionais

Um entendimento mais detalhado para a indução de emoções através da música necessita que seja definido um modelo emocional. Este tem de conter as emoções humanas em uma determinada estrutura, e então mapear essas emoções induzidas pela música nesse modelo. Schubert (1999) menciona que os conceitos emocionais usados para julgar os estímulos recebidos por palavras e imagens são, provavelmente, os mesmos usados no domínio da música. Portanto, é possível utilizar emoções e estímulos globais da mesma forma em todas essas linguagens.

Segundo Schubert (1999) e Kim e André (2008), existem dois sistemas principais para classificar emoções: um que divide diferentes emoções em categorias distintas, como “felicidade”, “surpresa”, “medo”, e outra que mantém todas as emoções interrelacionadas num espaço semântico n-dimensional. O uso de um espaço emocional composto por duas dimensões bipolares, sendo um a valência, que representa a felicidade ou tristeza, e o outro a excitação, representando o quão ativa ou passiva é a emoção, é dividido em quatro quadrantes (Figura 2). Tal modelo é proposto por Russell (apud SCHUBERT, 1999, p.96), baseado na análise de dados empíricos; por Thayer (apud YANG, LIU e CHEN, 2006); por Kim e André (2008); e por Livingstone et al. (2010), que planificam as emoções em um espaço bidimensional, onde uma escala define o quanto prazerosa é a emoção, e a outra escala representa o quanto essa emoção ativa o ouvinte.



*Figura 2 : Exemplo de modelo emocional bidimensional
Fonte: do autor.*

Todas as emoções estariam em algum nível nessa escala, como felicidade estando um nível alto de valência e excitação, e serenidade num alto nível de valência, mas baixo nível de excitação.

Um estudo de Russell ainda mostra que a disposição circular das emoções sugere que estímulos que estejam próximos possuam significados similares (apud SCHUBERT, 1999, p.19).

Mantendo-se dentro desse modelo emocional bidimensional, Schubert (1999) apresenta diversos estudos realizados por diferentes autores, buscando encontrar uma forma de medir as emoções passadas pela música. O autor, baseando-se nos tipos de estímulos utilizados nos estudos, divide-os entre os que usam sons isolados musicais e não musicais, melodias compostas especificamente para os estudos, melodias já existentes, peças compostas especialmente, peças existentes com modificações, e peças existentes sem modificações. Os resultados dos estudos são as análises dos dados empíricos provenientes das avaliações dos estímulos feita pelos participantes.

Dentre esses estudos, pode-se destacar que Nielzén e Olsson (apud SCHUBERT, 1999, p. 158-159) mostram que sons sintetizados e não musicais apresentam diferenças na valência de acordo com sua duração, sendo os sons mais curtos os de maior valência.

As investigações de Heinlein (apud SCHUBERT, 1999, p. 161-162) sugerem que o volume dos estímulos sonoros mantém uma relação com a

excitação, sendo os acordes mais suaves categorizados como de menor excitação.

Nas pesquisas com melodias, Gabriel (apud SCHUBERT, 1999, p. 163) propõe que a melodia afeta ambas as dimensões do espaço emocional: a modalidade afeta a valência, e o contorno melódico (direção da melodia) afeta a excitação. Similarmente, o estudo de Sherman (apud SCHUBERT, 1999, p.166-167) utilizando diversas variações de uma mesma melodia sugere que a modalidade menor possui valência inferior à modalidade maior; Cohen (apud SCHUBERT, 1999, p. 170), com seu estudo baseado apenas na dimensão da valência, mostra que melodias lentas são associadas à tristeza, e melodias baseadas numa tríade de modalidade maior são mais “felizes”.

As relações entre modalidade e valência também são encontradas em Dolgin e Adelson (apud SCHUBERT, 1999, p. 170-171), com valência negativa para a modalidade menor. Esse estudo também apresenta relações na dimensão da excitação com o tempo, que a torna menor quanto mais lento for o tempo, e com a articulação *staccato*, que aumenta a excitação.

Avaliando peças completas, um estudo de Gabrielsson e Juslin (apud SCHUBERT, 1999, p. 175-178) mostra diversas relações entre emoções presentes no modelo emocional bidimensional e elementos da música, que combinadas aos resultados de um estudo de Nielzén e Cesarec (apud SCHUBERT, 1999, p. 184), que mostra uma relação entre tensão e harmonias dissonantes, e alegria com tempo rápido e articulação *staccato*, e juntamente à pesquisa de Livingstone et al. (2010), estabelecem diversas referências da música às emoções, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 : Relação entre emoções e elementos musicais

Emoção	Elementos musicais	Quadrante
Felicidade	tempo rápido, modalidade maior, harmonias simples, variações moderadas de tempo, articulação <i>staccato</i> , timbre brilhante	1
Tristeza	tempo lento, modalidade menor, harmonias	3

	complexas, variações grandes no tempo, articulação <i>legato</i> , volume baixo.	
Raiva	tempo rápido, modalidade menor, harmonias complexas, timbre ásperos e brilhantes, tons distorcidos, volume alto.	2
Medo	tempo irregular, volume baixo, grande variação de intensidade, articulação <i>staccato</i> .	2
Ternura	tempo lento, modalidade maior, harmonias simples, volume baixo, articulações <i>legato</i> e <i>staccato</i> , timbre suave.	4

Apesar dos resultados obtidos em cada estudo não serem totalmente concordantes, é possível notar certas tendências na relação entre a música e a emoção que é passada, formando uma base válida para que um compositor saiba como induzir as emoções ao ouvinte de forma satisfatória, embora imperfeita.

6. Ferramentas de desenvolvimento

Para o desenvolvimento prático desse trabalho foram pesquisadas diversas ferramentas computacionais que pudessem servir para chegar aos determinados fins. Estas foram divididas entre ferramentas de programação e de produção de música e áudio, além de outras ferramentas de uso geral que auxiliam no processo de desenvolvimento de jogos.

As ferramentas de programação para o desenvolvimento de um jogo com áudio dinâmico situam-se, basicamente, em duas categorias: os motores gráficos, e as bibliotecas de áudio digital, tendo cada uma suas funções, que podem ser combinadas pelo desenvolvedor.

6.1 - Motores gráficos

A função básica de um motor gráfico é dar a possibilidade ao desenvolvedor, de forma prática, exibir e manipular imagens e gráficos dentro de um software. No caso desse trabalho, esse tipo de ferramenta é essencial para a criação do ambiente virtual do qual a música adaptativa depende.

Dentre os vários motores gráficos existentes, podendo citar Adobe Flash, Microsoft XNA, OpenGL, Löve e Cocos2d, foi escolhido para o desenvolvimento desse trabalho o Cocos2d, por ser um motor com o qual se pode trabalhar em diversas linguagens e plataformas, além de contar com suporte da comunidade e ser uma ferramenta de código aberto (COCOS2D-X, 2012).

O Cocos2d é um *framework* gráfico disponível nas versões Python, iPhone (Cocos2d-iPhone) e multiplataforma (Cocos2d-x), sendo que a última dessas foi utilizada nesse trabalho. Essa variação do *framework*, atualmente na versão 2.0, pode ser utilizada com a linguagem de programação C++, para criar aplicações nativas para computadores e celulares; em javascript, para criação de aplicações que rodam em navegadores de internet; e ainda em C#, para criar aplicações XNA que podem ser utilizadas em computadores com sistema operacional Windows, celulares Windows Phone 7, e consoles XBOX 360.

Para a escolha desse motor, foram levadas em conta algumas vantagens em relação aos outros motores avaliados.

O primeiro requisito a ser avaliado foi a possibilidade de se integrar o

motor gráfico com bibliotecas de áudio externas, o que não foi possível com o Adobe Flash e o Löve.

Após isso, foi analisada a curva de aprendizagem, onde todas as ferramentas, com exceção do OpenGL, apresentam uma similar rapidez e facilidade de uso.

Em terceiro lugar, foi estudado a possibilidade do desenvolvimento multiplataforma com esses motores, o que não só amplia a experiência do usuário final, como também é um aliado ao desenvolvedor, que não necessita ficar preso a apenas um tipo de sistema enquanto trabalha em seu software, podendo trocar de plataforma quando for necessário. Nesse fator, o Cocos2d e o OpenGL se apresentaram como as melhores ferramentas.

Um último ponto de comparação interessante é o acesso que cada um desses motores tem ao hardware e periféricos, mais especificamente teclado e mouse, que não foi analisado previamente pois todas as ferramentas possuíam as mesmas capacidades, mas após uma troca do Cocos2d-iPhone, que tem acesso ao hardware de computadores com sistema operacional OS X, para Cocos2d-x, foi percebido que essa versão do motor carrega mais dificuldades de acesso a estes equipamentos do que os outros motores.

Uma apresentação mais sucinta dessa comparação de motores pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 : Comparação de motores gráficos

Ferramenta	Flash	XNA	OpenGL	Löve	Cocos2d
Multiplataforma	Parcial	Parcial	Sim	Parcial	Sim
Áudio externo	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Aprendizagem	Rápida	Rápida	Lenta	Rápida	Rápida
Teclado e mouse	Sim	Sim	Sim	Sim	Parcial

6.2 - Bibliotecas de áudio

Assim como os motores gráficos ajudam o desenvolvedor na manipulação de imagens, uma biblioteca de áudio permite que o desenvolvedor manipule

eventos sonoros dentro de suas aplicações, podendo simplesmente tocar um som, aplicar efeitos, alterar as ondas sonoras, simular espacialidade, entre outros.

Das bibliotecas de áudio, as pesquisadas foram o OpenAL, IrrKlang, CocosDenshion e FMOD. Porém, ao contrário dos motores gráficos, o conhecimento prévio e testes anteriores levaram à escolha do FMOD para a realização deste trabalho, por já se ter conhecimento de como se usar a ferramenta, e saber que essa biblioteca atende às necessidades do trabalho.

O FMOD é um conjunto de ferramentas de áudio, consistindo tanto de uma biblioteca de funções a serem usadas pelo programador - o FMOD Ex API -, como de um ambiente gráfico que permite a composição visual de música interativa e eventos sonoros - o FMOD Designer -, que são facilmente incorporados em jogos e outros aplicativos através de bibliotecas adicionais (FMOD, 2012b). Essas ferramentas possuem licença paga, no caso de desenvolvimento profissional, mas são livres para uso acadêmico ou não comercial (FMOD, 2012a).

Assim como o motor gráfico Cocos2d, o FMOD também é multiplataforma, podendo ter o mesmo sistema de áudio desenvolvido numa primeira plataforma, e então funcionando em várias plataformas diferentes.

6.3 - Ferramentas de música e áudio

Para a produção específica de música e áudio, existem diversos tipos de aplicativos que podem ser utilizados (ZUBEN, 2004, p. 23-38):

- Editores de partituras e tablaturas, como o Guitar Pro, Finale, Sibelius, MuseScore e Encore, podem ser utilizados para escrever músicas no computador, e posteriormente imprimir suas partituras, ou exportar arquivos que possam ser utilizados para gerar o som em outros aplicativos.
- Editores de áudio, como o Audacity, podem ser usados para processamento de arquivos sonoros, como cortes, montagens, e aplicação de efeitos como eco ou compressão.
- Sequenciadores de áudio podem ser utilizados para gerar sequências de eventos, como notas a serem tocadas, que serão interpretadas por

sintetizadores ou samplers, que, por sua vez, são capazes de gerar os sons por meio de síntese ou de manipulação de trechos de áudio pré-existentes, respectivamente, imitando os antigos equipamentos eletrônicos já citados anteriormente. Exemplos de software sintetizadores são o Absynth e o Massive, enquanto exemplos de samplers são o Kontakt, HALion, NN-XT e o EXS24

- DAWs - *Digital Audio Workstations*, ou Estações de trabalho de Audio Digital, são aplicativos que costumam englobar todas, ou grande parte, das categorias anteriormente citadas, sendo ferramentas robustas para produção de áudio profissional, tendo dentro de si todas as ferramentas necessárias para a produção de música, sons e trilhas, além de permitirem a integração de plugins externos que aumentam as possibilidades. Exemplos desse tipo de software são Pro Tools, Logic, Studio One, Ableton Live e Cubase.

Algo importante para o entendimento de como essas ferramentas de áudio funcionam, e como se comunicam entre si, é entender como se dá a conversão do som analógico para os suportes digitais, e como esses dados são armazenados digitalmente.

O processo de digitalização de um som, ou seja, capturar o evento físico do som e convertê-lo em *bits*, compreensíveis ao computador, é feito através de circuitos eletrônicos chamados ADC (*Analog to Digital Converter*, conversor analógico-digital), que são capazes de analisar a variação de corrente do som captado eletricamente, e então pegar amostras (*samples*) do som em intervalos fixos de tempo, das quais a amplitude da onda sonora será convertida em um valor numérico. Para fazer o processo inverso, ou seja, transformar o áudio digital em fenômeno físico, é usado um circuito eletrônico chamado DAC (*Digital to Analog Converter*, Conversor Analógico-Digital), que analisa as amostras do som digital e as converte novamente para variações de voltagem, que poderão ser convertidas para vibrações de ar em um equipamento como caixas de som ou fones de ouvido (ZUBEN, 2004). É importante lembrar que qualquer aparelho que reproduza áudio digital possui um DAC, já que a única forma de ouvirmos os sons é fazendo essa conversão para o analógico - não se “escuta” o áudio digital.

Dentro desse processo, existem algumas grandezas importantes: a primeira delas, segundo Zuben (2004), é a taxa de amostragem (*sampling rate*), que define o número de vezes por segundo em que a onda sonora será analisada e amostrada. Quanto maior for esse valor, mais fiel ao som original é a conversão para o digital, mas isso também implica em um tamanho maior de arquivo a ser armazenado. Segundo o Teorema de Nyquist, para um som ser convertido sem perdas significativas de sua qualidade, a taxa de amostragem deve ser, no mínimo, maior que o dobro da frequência mais alta que o som original pode atingir. Como o ouvido humano consegue perceber frequências entre 20Hz e 20kHz, a taxa de amostragem mínima para que o som seja amostrado sem comprometimento de sua qualidade, em relação à audição humana, é 40kHz. Hoje em dia, a taxa de amostragem padrão entre CDs e outros aparelhos de audio digital é de 44.1kHz.

Outra grandeza importante, como explica o autor, é a resolução do sistema, que define a escala dos valores da amplitude de onda capturada, quando convertidos para bits. Imaginando um sistema com resolução de 8 *bits*, ou seja, 256 valores, todas as diferentes intensidades da onda sonora original terão que ser arredondadas para um desses 256 valores. Dessa forma, quanto maior for a resolução do sistema, mais precisa e dinâmica será a conversão do som. Segundo o autor, a faixa dinâmica que o ouvido humano pode perceber chega a um trilhão de números, enquanto que uma resolução de 16 bits, usada em CDs, só consegue cobrir em torno de 65 mil níveis. A resolução usada em DVDs, 24 bits, consegue captar mais valores do que a faixa de valores do ouvido humano.

Para a utilização de áudio digitais em diversas aplicações, seja trabalhando com áudio que foi capturado de um instrumento musical real, ou criado totalmente no computador através de síntese sonora, é necessário que os dados desse áudio estejam armazenados em um arquivo, que irá compreender diversas informações, incluindo as previamente citadas. Existem muitos tipos de arquivos para áudio diferentes, como por exemplo FLAC, AIFF, WMA, OGG Vorbis, etc., os quais, apesar de possuírem suas idiossincrasias, não variam muito de propósito, que é guardar a informação do som.

O que diferencia um tipo de arquivo de áudio de outro costuma ser a

capacidade de resolução e taxa de amostragem, a existência de metadados, ou até mesmo o tipo de licença de uso do arquivo, além da existência ou não de compressão dos dados, o que reflete diretamente no tamanho do arquivo, e muitas vezes afeta também a qualidade.

Dentro de todos esses arquivos, destacam-se três deles, que, conforme Avila (2003), definem-se como:

- **MIDI (*Musical Instruments Digital Interface, Interface Digital de Instrumentos Musicais*)** : arquivos criados para troca de dados entre sintetizadores e computadores, não possui em seus dados a gravação do som, mas sim as informações necessárias para que o equipamento gere os sons e toque a música posteriormente.
- **WAVE** : Formato criado pela Microsoft e IBM, guarda sons gravados e não comprimidos, juntamente com metadados contendo informações como artista, nome da faixa, entre outros.
- **MP3 (MPEG 1 Layer 3)** : Assim como o WAVE, também guarda gravações dos sons, porém conta com algoritmos que são utilizados para comprimir os dados, tornando os arquivos menores, apesar de diminuir a qualidade do som.

Para esse trabalho, foram usados tanto o Guitar Pro 5, que permite a criação de músicas à partir da escrita de partituras e tablaturas, e então a exportação de arquivos midi, que puderam ser importados no DAW Studio One, onde os sons foram processados com o sampler Presence, e então exportados no formato WAVE, para ser usado no FMOD.

6.4 - Outras ferramentas

Para agilizar o processo de desenvolvimento de jogos, existem ferramentas que auxiliam os desenvolvedores e designers nas mais variadas etapas do processo, incluindo editores de cenários, editores de personagens, ferramentas de roteiro, compositores musicais especializados, etc.

Durante o processo de desenvolvimento desse trabalho foram utilizados algumas ferramentas específicas para alguns elementos do jogo: a ferramenta Tiled foi utilizada para criar arquivos de cenários; o Photoshop foi utilizado para

editar as imagens dos personagens; a ferramenta plist Editor for Windows serviu para criar arquivos *plist* (arquivos de propriedades).

O próximo capítulo visa explicar como a utilização dessas ferramentas pode tornar possível a criação do ambiente virtual interativo com uma trilha sonora adaptativa baseada em emoções.

7. Desenvolvimento da aplicação

O desenvolvimento prático desse trabalho constituiu-se de um jogo digital para computador, programado com a linguagem C++, usando o motor gráfico Cocos2d-x, a biblioteca de áudio FMOD. Além disso, foi feita a composição de uma trilha sonora dinâmica, usando os software Guitar Pro 5, Studio One e FMOD Designer.

A escolha por desenvolver todos os elementos da aplicação, sem optar por utilizar algum jogo ou música pré-existentes, se deu pelo fato que dessa forma se teve total controle do escopo do trabalho, incluindo tudo o que seria necessário para o funcionamento, sem características adicionais desnecessárias.

O processo de criação desse jogo dividiu-se, basicamente, nas etapas de concepção, programação e composição musical, mas não estritamente linear – em alguns momentos, as atividades aconteceram paralelamente, em outros foi necessário voltar à etapas anteriores para fazer ajustes. Essas etapas serão aprofundadas a seguir.

7.1 - Concepção

Na fase de concepção, foi decidido como deveria ser o jogo, em termos de jogabilidade e conceito, assim como foi definida qual seria a sua estrutura técnica para a posterior programação.

O conceito do jogo é de sobrevivência, onde o jogador toma o controle de um personagem que deve defender-se de seus inimigos pelo máximo de tempo possível, sendo que sua derrota, mais cedo ou mais tarde, é inevitável, e não há um final de jogo onde se saia vitorioso. No entanto, há um marcador de nível e pontuação, que permite ao jogador medir seu desempenho na partida.

Para a jogabilidade, foi escolhida uma perspectiva vista do topo, com um cenário aberto onde o jogador pode mover seu personagem nas oito direções cardinais. As ações que o jogador pode executar são apenas de mover o personagem e atacar os inimigos que surgem no cenário por quatro pontes de entrada, todos ao mesmo tempo, em intervalos de tempo regulares (Figura 3). É tarefa do jogador derrotar os inimigos o mais rápido possível, antes que mais inimigos surjam no ambiente. Os inimigos passam a atacar o personagem do



jogador no momento que se aproximam, diminuindo sua vida gradativamente.

Figura 3 : Captura de tela do jogo desenvolvido

Levando em consideração o foco do trabalho, que é poder incitar certas emoções no jogador através da música dinâmica, e essa música ser, por sua vez, responsiva às situações do jogo, foram definidas algumas variáveis que estão diretamente ligadas à variação da emoção: o percentual de vida do jogador, o nível em que ele se encontra (que aumenta conforme os inimigos são derrotados), e a quantidade de inimigos presentes na tela.

Para estabelecer as relações entre essas variáveis de jogo e a saída final, em forma de música, a proposta de solução para a aplicação foi definir uma rotina dentro do ciclo padrão do jogo que analisasse as variáveis do ambiente, as cruzasse com um modelo proveniente de um arquivo externo, e então enviasse para o sistema de áudio as componentes de valência e ativação resultantes desse cruzamento. O sistema de áudio, então, teria a responsabilidade de converter os estímulos já localizados no espaço emocional bidimensional em variantes da música.

O arquivo externo usado como modelo foi um arquivo do tipo *plist* (lista de

propriedades), contendo um dicionário de propriedades para cada uma das variáveis do jogo que afetam a música adaptativa. Esses dicionários contém valores que representam o ponto mínimo e o ponto máximo que cada variável pode transitar no espaço emocional bidimensional, servindo assim como uma forma de calibragem da faixa dinâmica dessas variáveis. O fato desse arquivo ser baseado em texto permite com que os valores sejam facilmente editados, e aliado ao carregamento do arquivo pelo jogo em tempo de execução, é possível alterar os valores do modelo a cada nova partida (Figura 4).

```

2 <!DOCTYPE plist PUBLIC "-//Apple//DTD PLIST 1.0//EN" "http://www.apple.com/DTDs/PropertyList-1.0.dtd">
3 <plist version="1.0">
4 <array>
5 <dict>
6 <key>maxx</key>
7 <integer>9</integer>
8 <key>maxy</key>
9 <integer>-2</integer>
10 <key>minx</key>
11 <integer>-9</integer>
12 <key>miny</key>
13 <integer>8</integer>
14 <key>name</key>
15 <string>hp</string>
16 </dict>
17 <dict>
18 <key>maxx</key>
19 <integer>-11</integer>
20 <key>maxy</key>
21 <integer>8</integer>
22 <key>minx</key>
23 <integer>6</integer>
24 <key>miny</key>
25 <integer>-6</integer>
26 <key>name</key>
27 <string>enemies</string>
28 </dict>
29 <dict>
30 <key>maxx</key>
31 <integer>3</integer>
32 <key>maxy</key>
33 <integer>-10</integer>
34 <key>minx</key>

```

Figura 4 : Arquivo plist usado como modelo externo

Originalmente, os valores utilizados no modelo foram:

- **Vida do personagem** : varia do mínimo [-9, 8] até o máximo [9, -2];
- **Número de inimigos** : varia do mínimo [-6, -6] até o máximo [-11, 8];
- **Nível** : varia do mínimo [0, 0] até o máximo [3, -10].

A cada instante do jogo, o valor percentual das variáveis são convertidos para o seu valor correspondente de acordo com os limites presentes no modelo, resultando em 3 novos pontos. Desses pontos, é encontrado um ponto médio, que representa os valores de valência e ativação médios de todos os estímulos, como exemplificado na Figura 5.

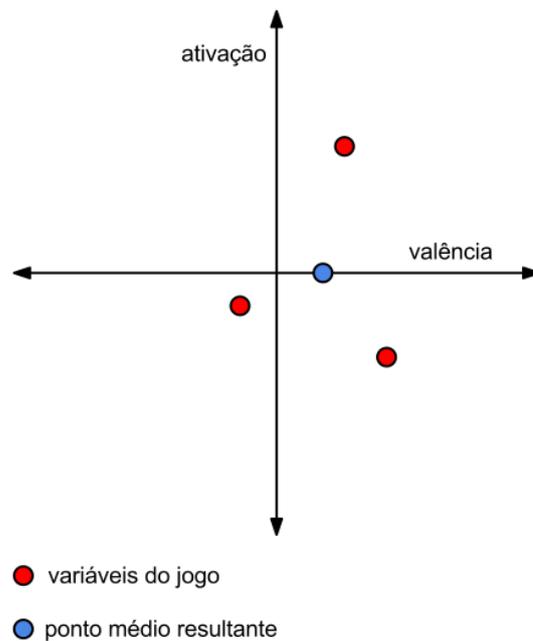


Figura 5 : Exemplo de situação das variáveis no espaço emocional

7.2 - Programação

Tendo já definido o escopo da aplicação e com quais tipos de interação o aplicativo final contaria, a etapa de programação foi o momento onde a maior parte dos conceitos abrangidos durante todo o trabalho começaram a se apresentar com homogeneidade.

Em um primeiro momento, apenas os elementos gráficos e de jogabilidade foram implementados, trabalhando com os recursos do motor gráfico Cocos2d-x. As classes criadas para controle da interface do jogo como um todo foram:

- **AppDelegate** : classe base padrão dos projetos criados com Cocos2d, é a classe que define as configurações gerais do jogo e inicia as rotinas do motor gráfico;
- **BattleLayer** : classe que controla os elementos gráficos e de jogabilidade. Inclui métodos de montagem do cenário através de arquivo externo, de controle dos inimigos presentes no cenário, de teste de colisão com o ambiente, e de regras de pontuação e aumento de nível. Estende funcionalidades da classe do Cocos2d CCLayer;
- **BaseCharacter** : classe que define o comportamento padrão dos

personagens. Controla animação e movimento, estados dos personagens (“atacando”, “andando”, “parado”, etc.), possui as regras de combate, e calcula colisões com os outros personagens no cenário. Estende funcionalidades da classe do Cocos2d CCSprite;

- **HeroCharacter** : subclasse de BaseCharacter, sobrescreve alguns atributos da sua superclasse que tornam o comportamento do personagem principal diferente dos demais personagens;
- **EnemyCharacter** : assim como HeroCharacter, essa classe também é uma subclasse de BaseCharacter, que serve para mudar o comportamento dos inimigos do jogo.

Após ter sido desenvolvida toda a parte do aplicativo que define as regras de jogabilidade, foram implementadas as classes que possibilitam o controle das emoções do jogo, e a aplicação dessas na trilha sonora adaptativa. Para isso, foram criadas mais três classes:

- **EmotionObject** : classe que define as emoções no espaço emocional bidimensional. Essa classe encapsula os valores mínimos e máximos da sua variável de jogo correspondente, assim como os pontos mínimos e máximos que são carregados do modelo externo, e possui um método que retorna qual o ponto no espaço que equivale ao valor atual da sua variável de controle;
- **EmotionController** : essa classe é utilizada para acessar e modificar os objetos definidos pela classe EmotionObject, englobando os mesmos dentro de si. Possui métodos para registrar novas emoções, atualizar o valor da variável de controle de uma emoção existente, e calcular o ponto médio das emoções registradas;
- **Audio** : essa classe encapsula todo o código necessário para manipular a trilha sonora do jogo. Possui atributos e métodos que configuram, inicializam e ativam o FMOD, e um método que recebe as componentes de valência e ativação da classe controladora de emoções e as envia para dentro do sistema de música do FMOD.

Com o uso das classes mencionadas, foi possível conectar todas as funções desejadas para esse trabalho, produzindo-se um jogo digital que é

capaz de alterar suas trilha sonora dinamicamente, seguindo regras baseadas num modelo emocional. Um diagrama de classes, presente no Anexo B, permite uma melhor visualização das relações entre essas classes.

A próxima sessão explana como se realizou o processo de criação e produção da música que compõe a trilha sonora adaptativa desse trabalho.

7.3 - Composição musical

O processo de composição da trilha sonora adaptativa apresentou em sua essência diversos desafios. Uma das maiores preocupações ao se criar uma composição que se pretende tornar líquida é encontrar uma forma de fazer isso sem que se perca a sua forma original, e sem perder seu valor estético.

A forma da música nada mais é do que a organização das ideias musicais que compõem uma peça. Entre seus elementos formais, pode-se ter a própria melodia, harmonia e ritmo como elementos que definem a forma, assim como grupos melódicos que possam ser trabalhados - temas e motivos -, suas repetições, transformações, e o desenvolvimento da peça como um todo (ZAMACOIS, 1979). Sendo assim, deve se ter cuidado com cada elemento da peça que se está criando.

Como ponto de partida para a criação da música, foi criada uma linha melódica, que se desenvolve em seus temas e motivos como uma peça musical qualquer, porém mantendo-se apenas no domínio dos elementos musicais que, segundo a pesquisa, passam sensações de felicidade, ou seja, alta valência e alta excitação. A partir dessa linha melódica foram criadas as linhas harmonicas e rítmicas dos outros instrumentos, também mantidos no mesmo domínio emocional.

Após ter a música pronta no campo das emoções mais positivas, cada linha instrumental existente foi copiada e adaptada para variações de valência ou ativação, sempre respeitando as correspondências entre os elementos musicais e seus equivalentes emocionais. O resultado disso foi uma composição com cinco linhas instrumentais distintas, cada uma contendo de uma a quatro variações.

O conjunto de todas as linhas melódicas, compostas no software Guitar Pro 5 (Figura 6), foi exportado em um arquivo MIDI, e então importado no

software Studio One, para gerar sons mais realistas através do uso de um sampler incluso chamado Presence (Figura 7). Então, as linhas melódicas foram exportadas em faixas separadas, sendo um arquivo WAVE para cada variação de linha melódica existente.



Figura 6 : Trecho de uma das linhas melódicas no software Guitar Pro

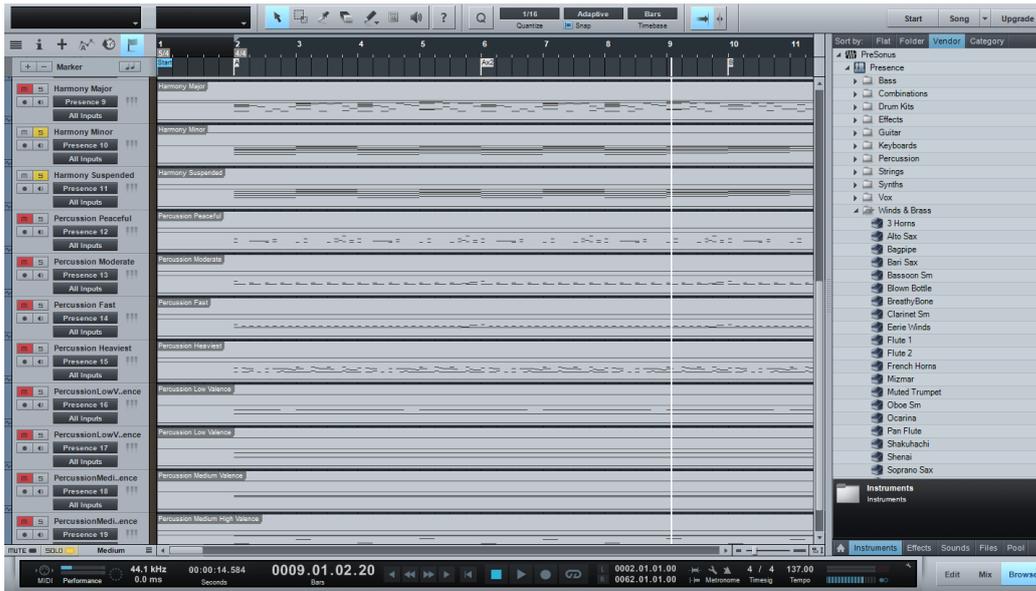


Figura 7 : Editando as linhas melódicas no software Studio One

A última etapa da criação da trilha sonora adaptativa consistiu na montagem da música dinâmica dentro do aplicativo FMOD Designer. Esse aplicativo permite a composição visual da música dinâmica, inserindo trechos de áudio e regras que definem quando haverá as transições, e para qual trecho essas transições ocorrerão. (Figura 8).

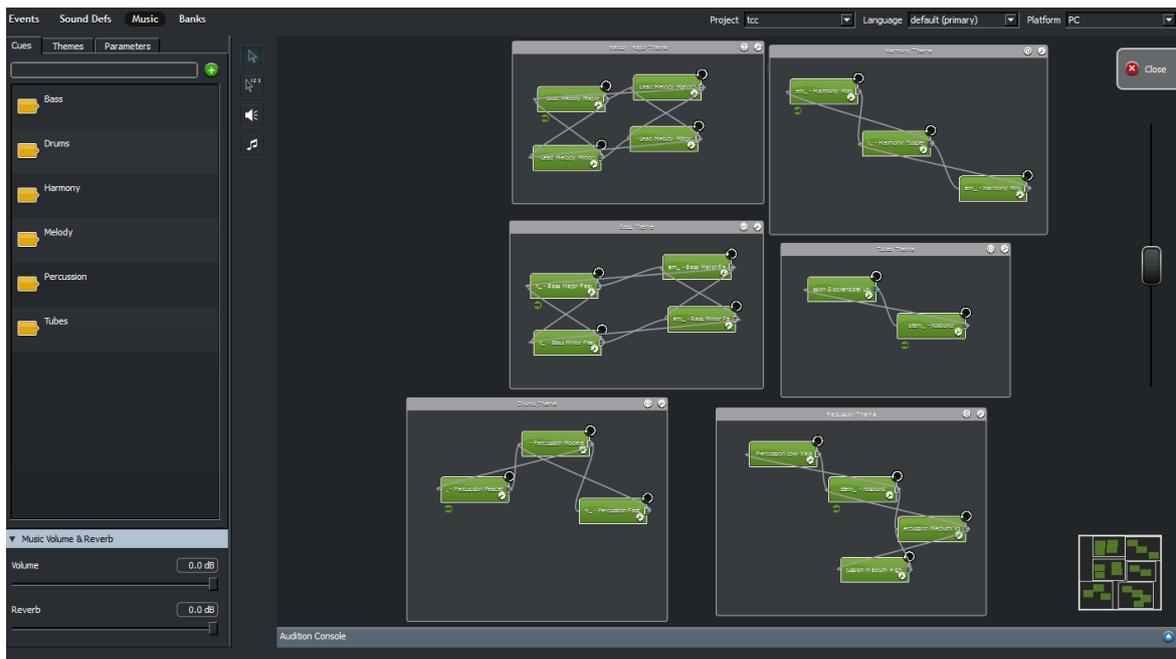


Figura 8 : Montagem da música dinâmica no aplicativo FMOD Designer.

A montagem final da música dinâmica obedece às seguintes regras:

- **Linha melódica principal** : alterna entre modalidade maior e menor conforme o nível de valência diminui, alterna entre articulação staccato ou legato conforme o nível de ativação diminui (na modalidade maior), alterna entre articulação normal ou legato conforme a ativação aumenta (na modalidade menor);
- **Linha melódica secundária** : alterna de modalidade maior para menor conforme o nível de valência cai, alterna entre ritmo moderado ou rápido conforme a ativação aumenta;
- **Acompanhamento harmônico** : alterna entre harmonias maiores, suspensas e então menores conforme o nível de valência diminui;
- **Bateria** : alterna de ritmo calmo a moderado e então a rápido conforme o nível de ativação aumenta;
- **Percussão** : tímpanos alternam de grave e lento a agudo e rápido conforme aumenta o nível de valência. Além disso, sinos sincopados aparecem quando o nível de valência é bastante baixo.

Após a montagem da música dinâmica dentro do aplicativo do FMOD, é possível exportar um arquivo que pode ser carregado dentro de qualquer software desenvolvido usando a biblioteca de programação do FMOD. No caso do jogo desenvolvido para esse trabalho, a classe de Audio faz o carregamento desse arquivo.

Terminado o desenvolvimento do aplicativo, foram realizados alguns testes, visando validar os resultados obtidos com relação à pesquisa realizada.

7.4 - Testes e validação

Para testar os efeitos do aplicativo desenvolvido, não foi utilizado um método de validação de estímulos bem definido, mas apenas alguns testes e análises com diferentes pessoas interagindo com o jogo.

Alguns usuários foram convidados a tomar o controle do personagem e jogar. Após experimentarem o aplicativo por algumas vezes, esses mesmos usuários foram dispostos a uma experiência juntamente com pessoas que ainda não tinham tido contato com o jogo.

Essa experiência se sucedeu da seguinte forma: enquanto um usuário interagia com o jogo, sem som, outro usuário apenas ouvia os sons, por via de um fone de ouvido, e relatava quais eram suas emoções conforme a música se desenrolava. Enquanto a experiência acontecia, um pesquisador, que podia tanto ver a imagem do jogo como as reações do ouvinte, fazia anotações referentes às relações entre os eventos que aconteciam no jogo e as emoções que o usuário ouvinte relatava.

Os resultados dessa análise mostraram que tanto os usuários que conheciam o jogo quanto os que não tinham contato prévio sentiam emoções similares em momentos chave das partidas, como a sensação de tranquilidade quando o jogador estava com uma pontuação alta, a tensão quando haviam muitos inimigos se aproximando, e o medo de um grande perigo iminente quando o personagem principal estava muito próximo de ser derrotado.

Tais fatos levam à uma prévia conclusão de que a trilha sonora adaptativa realmente cumpriu seu objetivo de incitar emoções que estejam de acordo com as situações do jogo. Acredita-se, porém, que a aplicação de métodos mais eficientes de validação apresente resultados mais conclusivos quanto a esses aspectos.

8. Considerações finais

A evolução das tecnologias de áudio possibilitou diversas novas abordagens em termos de composição e execução de música no decorrer de sua história, e as trilhas sonoras adaptativas dos jogos eletrônicos revelam possibilidades que nunca antes tinham existido.

Os estudos envolvendo música e emoções, apesar de não serem completamente objetivos, mostram diversas relações entre som e emoção que podem ser colocados em prática por músicos e compositores para aprimorar sua comunicação com os seus ouvintes.

A utilização das tecnologias de áudio atuais mostra-se ideal para a exploração das mudanças em tempo real na música e a indução de emoções ao ouvinte, revelando uma potencial ferramenta a ser usada para criação de ambientes virtuais interativos, onde a ligação entre o mundo virtual e o jogador vai além da imersão espacial, auditiva e visual, trabalhando também o espectro emocional de forma mais efetiva.

Os resultados desse trabalho apresentam-se como uma semente para um campo de estudo que ainda tem muito a expandir, seja na validação mais precisa dos estímulos, na agilização dos processos de composição desse tipo de peça musical, ou até mesmo no estudo da estética e semiótica da música dinâmica e sua utilização híbrida com os suportes “tradicionais” da música.

O processo de pesquisa e desenvolvimento desse trabalho foram gratificantes não só por terem fomentado conhecimento em uma grande variedade de áreas de estudo, mas principalmente por ter servido como prova teórica e prática de que um curso amplo como o Bacharelado em Tecnologias Digitais consegue convergir em diversos pontos focais, e que, cada vez mais, saber muito sobre um pouco requer, previamente, saber um pouco sobre muito.

9. Referências Bibliográficas

ADDAMS, E.; ROLLINGS, A. **Audio Elements**. In: **Fundamentals of Game Design**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007. p. 256-259.

AVILA, R. N. P. **Som Digital**. Rio de Janeiro: Brasport, 2003. p. 1-7.

BERNDT, A.; HARTMANN, K. **Strategies for Narrative and Adaptive Game Scoring**, p. 141-147, 2007. Disponível em: <<http://isgwww.cs.unimagdeburg.de/~aberndt/publications/audioMostly07.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2011.

CHEDIAK, A. **Harmonia & Improvisação I**: 70 músicas harmonizadas e analisadas: violão, guitarra, baixo e teclado. São Paulo: Irmãos Vitale, 2009.

COCOS2D-X. **Cocos2d-x**: Overview, 2012. Disponível em: <<http://cocos2d-x.org/projects/cocos2d-x/wiki>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

EISENSTEIN, S. **A forma do filme**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990. 27-33, 71-76 p.

_____. **O sentido do filme**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002. 54-62 p.

FMOD. **FMOD Licenses**, 2012a. Disponível em: <<http://www.fmod.org/fmod-sales.html>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

_____. **FMOD Products**, 2012b. Disponível em: <<http://www.fmod.org/fmod-products.html>>. Acesso em: 19 mar. 2012.

GONÇALVES, N. D. S. **Enciclopédia do estudante**: música: compositores, gêneros e instrumentos, do erudito ao popular. São Paulo: Moderna, 2008.

JØRGENSEN, K. **On transdiegetic sounds in computer games**, 2007.

KIM, J.; ANDRÉ, E. **Emotion Recognition Based on Physiological Changes in Music Listening**. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, 30, n. 12, 2008.

LIVINGSTONE, S. R.; MUHLBERGER, R.; BROWN, A. R. **Changing Musical Emotion**: A computational rule system for modifying score and performance. **Computer Music Journal**, v. 34, n. 1, p. 41-65, 2010.

MANZANO, L. A. F. **Som-imagem no cinema**: a experiência alemã de Fritz Lang. São Paulo: Perspectiva, 2003.

MENEGUETTE, L. C. **Dead Space**: Estudo de caso e reflexão sobre audio dinâmico. **Gamepad: Level IV**, Novo Hamburgo, p. 249-270, 2011. Disponível em: <<http://www.feevale.br/files/documentos/pdf/46281.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2011.

MENEGUETTE, L. C.; PIRES JÚNIOR, J. C.; OLIVEIRA, A. L. G. **A nova VGMusic**: Música adaptativa e paisagens sonoras ecologicamente orientadas, 2008. Disponível em: <<http://www.gamecultura.com.br/vgmusic/a-nova-vg-music-musica-adaptativa-e-paisagens-sonoras-ecologicamente-orientadas-dp1>>. Acesso em: 8 fev. 2011.

NÖTH, W. **Handbook of semiotics**. [S.l.]: Indiana University Press, 1995.

RODRÍGUEZ, Á. **A dimensão sonora da linguagem audiovisual**. São Paulo: Senac, 2006.

SANTAELLA. **Matrizes da Linguagem e Pensamento**: Sonora Visual Verbal. São Paulo: Iluminuras/Fapesp, 2001. p. 81-86.

SCHUBERT, E. **Measurement and Time Series Analysis of Emotion in Music. Ph.D Thesis**. [S.l.]: University of South Wales, 1999.

SEASHORE, C. E. **Psychology of Music**. New York: Dover, 1967.

SERRA, F. L. F. **Áudio Digital**: a tecnologia aplicada à música e ao tratamento de som. Rio de Janeiro: Ciência Modenra, 2002.

SHUM, L. R. **Paisagens sonoras nos games**. In: SANTAELLA, L.; FEITOZA, M. (.). **Mapa do jogo**: a diversidade cultural dos games. São Paulo: Cengage Learning, 2009. p. 95-109.

WIECZORKOSWKA, A.; SYNAK, P.; RAS, Z. W. **Multi-label Classification of Emotions in Music**. Intelligent Information Processing and Web Mining: Proceedings of the International IIS IIPWM'06. Ustron: Springer, Advances in Soft Computing. 2006. p. 307-315.

WIERZBICKI, J. **Film Music**. New York: Routledge, 2008.

WISNIK, J. M. **O som e o sentido:** uma outra história da música. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

YANG, Y.-H.; LIU, C.-C.; CHEN, H. H. **Music Emotion Classification:** A Fuzzy Approach. Proceedings ACM Multimedia 2006. Santa Barbara: [s.n.]. 2006. p. 81-84.

ZAMACOIS, J. **Curso de Formas Musicales.** Barcelona: Editorial Labor, 1979. p. 3-8.

ZUBEN, P. **Música e Tecnologia:** o som e seus novos instrumentos. São Paulo: Irmãos Vitale, 2004.

Bibliografia complementar

ADOBE. **Adobe Flash.** Disponível em: <<http://www.adobe.com/in/products/flashplayer.html>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

ATURK; B_LINDEIJER. **Tiled:** General purpose tile map editor. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/tiled/>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

CHILDS IV, G.W. **Creating Music and Sound for Games.** Boston: Thomson Course Technology, 2007.

CHION, Michel. **Músicas, Media e Tecnologias.** Instituto Piaget, 1997, p. 13-22.

COCOS2D. **Cocos2d-iPhone.** Disponível em: <<http://www.cocos2d-iphone.org/>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

HENRIQUES, Fábio. **Guia de Mixagem.** Rio de Janeiro: Editora Música & Tecnologia, 2007.

HEWITT, Michael. **Composition for Computer Musicians.** Boston: Cengage Learning, 2009.

MENEZES, Flo. **Música Eletroacústica:** História e Estéticas. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

MICROSOFT. **App Hub:** Develop for Windows Phone & Xbox 360. Disponível em: <http://create.msdn.com/en-us/community/community_resources>. Acesso em: 25 jun. 2012.

OPENGL. **OpenGL.** Disponível em: <<http://www.opengl.org/>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

SÁ, Simone Pereira de (org.). **Rumos da Cultura da Música:** negócios, estéticas, linguagens e audibilidades. Porto Alegre: Sulina, 2010.

ANEXO A – Conteúdo do CD Anexo

Som 1:

DEEP PURPLE. **Lazy**. In: DEEP PURPLE. **Machine Head**. Moutreux: EMI, 1972. 1 CD. Faixa 6.

Som 2:

KING CRIMSON. **The Court of the Crimson King**. In: KING CRIMSON. **In the Court of the Crimson King**. Londres: Atlantic, 1969. 1 CD. Faixa 5.

Som 3:

TANGERINE DREAM. **Phaedra**. In: TANGERINE DREAM. **Phaedra**. Shipton-on-Cherwell: Virgin, 1974. 1 CD. Faixa 1.

Som 4:

KONDO, Koji. **Overworld**. In: MIYAMOTO, Shigeru; TEZUKA, Takashi. **Super Mario Bros**. [S.I.]: Nintendo, 1985.

Som 5:

CAPCOM. **LAUNCHER OCTOPULD STAGE**. In: CAPCOM. **Capcom Music Generation Rockman X1~6**. [S.I.]: Suleputer, 2003. 5 CD. Disco 1, Faixa 11.

Som 6:

YAMANE, Michiru. **Prayer**. In: KONAMI. **Castlevania: Symphony of the Night Original Soundtrack**. [S.I.]: King Records, 1997. 1 CD. Faixa 5.

Som 7:

KONDO, Koji. **1 UP**. In: NINTENDO. **Super Mario World**. [S.I.]: Nintendo, 1990.

Som 8:

ELECTRONIC ARTS. **Ambience: Slasher**. In: ELECTRONIC ARTS. **Dead Space**. [S.I.]: Electronic Arts, 2008.

Som 9:

MACEDO, Felipi Medeiros. **Acorde C e Acorde Cm**. 2011.

Vídeo 1:

NBASUPERSTAR23. **Counter Strike Source Gameplay HD 1080p - Dust 2**. In: VALVE CORPORATION. Counter-Strike: Source. [S.l.]: Valve Corporation, 2004. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=-kkEj4r12t8&feature=related>>. Acesso em: 22 nov 2011.

Vídeo 2:

BLUEKNIGHTNIGHT. **Legend of Zelda Ocarina of Time: Shadow Temple (part 3)**. In: NINTENDO. **The Legend of Zelda: Ocarina of Time**. [S.l.]: Nintendo, 1998. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=kphKg7s6i2w&feature=related>>. Acesso em: 22 nov 2011.

ANEXO B – Diagrama de Classes

