

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Interface com o Utilizador para Sistema de Análise e Segregação de Eventos Sonoros em Sinais Musicais

Ana Luísa Pires Magalhães Marques



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Luís Filipe Pinto de Almeida Teixeira (PhD)

7 de Fevereiro de 2014

Interface com o Utilizador para Sistema de Análise e Segregação de Eventos Sonoros em Sinais Musicais

Ana Luísa Pires Magalhães Marques

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Doutor José Manuel de Magalhães Cruz

Arguente: Doutor Hugo Alexandre Paredes Guedes da Silva

Vogal: Doutor Luís Filipe Pinto de Almeida Teixeira

7 de Fevereiro de 2014

Resumo

Os seres humanos, mesmo indivíduos sem qualquer tipo de formação musical, tipicamente demonstram uma capacidade de extrair, de forma quase inconsciente, uma relevante quantidade de informação sobre um sinal musical. A percepção do ritmo de uma peça musical, a melodia principal de um arranjo musical complexo, as fontes e eventos sonoros que têm lugar numa mistura musical complexa, a estrutura de uma música (por exemplo: introdução, refrão) ou o seu género (por exemplo: rock, jazz, clássica) são apenas alguns exemplos do nível de conhecimento que um ouvinte, mesmo que sem formação musical, é normalmente capaz de inferir ao simplesmente escutar um excerto musical. Para este efeito, o sistema auditivo humano faz uso de uma variedade de pistas de natureza percetiva que conduzem ao agrupamento percetual dos estímulos acústicos em eventos ou entidades sonoras coerentes. Este agrupamento é em grande parte baseado em critérios de similaridade, proximidade harmónica e espacial, entre outras.

Esta dissertação propõe desenvolver uma *interface* para um sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, que se insere num projeto de investigação do Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR), da Universidade Católica Portuguesa (UCP).

O objetivo desta *interface* é possibilitar a manipulação dos eventos sonoros identificados pelo sistema, através de funcionalidades como a seleção, reprodução e mistura dos mesmos. Pretende-se ainda que esta *interface* seja interativa, intuitiva e de fácil utilização para os seus utilizadores.

Para atingir estes objetivos efetuou-se um estudo do contexto em que se inseria este projeto, assim como do tipo de *interfaces* de utilizador existentes, e metodologias que poderiam ser adotadas para desenvolver esta *interface*. Com os resultados desta investigação, desenvolveu-se de forma iterativa, uma solução que incorpora os requisitos e funcionalidades elicitados. Para cada etapa de *design* foi realizada uma avaliação por forma a assegurar que a *interface* ia de encontro com o que era expectável.

Abstract

Human beings, even those without any musical training, normally demonstrate an ability to extract, almost unconsciously, a significant amount of information from a musical signal. The perception of the rhythm of a musical composition, the melody of a complex musical piece, the sources and sound that take place in a complex blend of music, the structure of a song (eg. the introduction, the chorus), or their genre or style (eg: rock, jazz, classical) are just some examples of the level of knowledge that a listener, even without musical training, is usually able to perceive by simply listening to a musical passage. The properties of the human auditory system make use of a variety of natural perceptive skills, thus, encoding and retaining acoustic information which lead to the perceptual grouping of acoustic stimuli into coherent sound events. This grouping is largely based on similarity criteria, harmonic and spatial proximity, among others.

This thesis proposes to develop an interface of a system of analysis and segregation of sound events in musical signals. It is part of a research project of the Center for Research in Science and Technology in Art (CITAR), Catholic University of Portugal (UCP).

The goal of this interface is to enable the manipulation of sound events identified by the auditory system, through features such as selection, reproduction and mixture. This interface is intended to be interactive, intuitive and easy to use.

To achieve these objectives we carried out a study of the context in which this project took place, as well as, the type of existing user interfaces and methodologies that could be adopted to develop this interface. With the results of this investigation we developed a solution, in an iterative form, that incorporates the elicited requirements and functionality. For each design step, an evaluation was conducted to ensure that the interface would respond to the initial expectations.

Agradecimentos

Esta dissertação culmina um percurso académico, o Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, no qual devo fazer alguns agradecimentos.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Luís Filipe Teixeira, pela total disponibilidade e atenção dispensadas durante os últimos meses na orientação da minha dissertação. O meu muito obrigado!

Agradeço também ao Professor Luís Gustavo Martins e ao André Perrotta pelo conhecimento e apoio dados no decorrer desta dissertação.

Aos meus pais, agradeço o facto de estarem sempre presentes na minha vida, pessoas a quem devo aquilo que sei e aquilo que sou.

Agradeço à minha família, pilar essencial e indispensável, pelo apoio que sempre me deu.

Aos amigos e colegas, que me têm acompanhado ao longo da vida, agradeço a amizade e companheirismo.

Ana Luísa Marques

*”Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”*

Friedrich Nietzsche

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	2
1.2	Motivação e Objetivos	2
1.3	Estrutura do Documento	3
2	Estado da Arte	5
2.1	Graphical User Interface	7
2.2	Tangible User Interface	8
2.3	Natural User Interface	11
2.4	Resumo	12
3	Metodologia	15
3.1	Metodologias User - Centred Design	16
3.2	Fases e Técnicas de Interação Pessoa - Computador	17
3.2.1	Entrevistas	17
3.2.2	Protótipos	18
3.2.3	Avaliação	19
3.2.4	Observação Natural	20
3.2.5	Questionários	20
3.3	Resumo	21
4	Desenvolvimento da Interface	23
4.1	Caraterização dos Utilizadores	23
4.2	Identificação dos Requisitos	24
4.3	Identificação das Funcionalidades	24
4.4	Caraterização da Solução	25
4.4.1	Descrição das Componentes do Projeto	25
4.4.2	Ferramentas Adotadas	25
4.5	Etapas de Desenvolvimento	26
4.6	Caraterísticas da Interação	31
4.7	Resumo	35
5	Avaliação e Discussão dos Resultados	37
5.1	Caracterização dos Utilizadores	37
5.2	Testes	37
5.3	Resultados	38
5.4	Resumo	40

CONTEÚDO

6	Conclusões e Trabalho Futuro	43
6.1	Conclusões	43
6.2	Trabalho Futuro	44
	Referências	47
A	Entrevista	51
B	Teste de Usabilidade	55
B.1	Objetivos	55
B.2	Protocolo	55
B.2.1	Introdução	55
B.2.2	Procedimento de Teste	56
B.2.3	Questionário	56
B.2.4	Resultados	56
B.2.5	Factos	57
B.2.6	Conclusão	57

Lista de Figuras

2.1	<i>GarageBand</i>	8
2.2	<i>reactable</i>	10
2.3	<i>MusicCube</i>	10
2.4	<i>Multi Touch DJ Light Table</i>	12
2.5	<i>Mogees</i>	12
3.1	Fases de Desenvolvimento	18
4.1	Protótipo de Baixa Fidelidade A	28
4.2	Protótipo de Baixa Fidelidade B	28
4.3	Protótipo de Baixa Fidelidade C	29
4.4	Protótipo de Baixa Fidelidade D	30
4.5	Protótipo de Baixa Fidelidade E	31
4.6	Protótipo de Alta Fidelidade da <i>Interface</i> (Vista Frontal)	32
4.7	Protótipo de Alta Fidelidade da <i>Interface</i> (Vista Lateral Direita)	32
4.8	Protótipo de Alta Fidelidade da <i>Interface</i> (Vista Lateral Esquerda)	33
4.9	Protótipo de Alta Fidelidade da <i>Interface</i> (Vista Topo)	33

LISTA DE FIGURAS

Lista de Tabelas

2.1	Comparação entre Dispositivos Diretos e Indiretos [RFMP05]	7
4.1	Caraterísticas das Componentes do Projeto	25
4.2	Resumo das Interações GUI e <i>Touch</i>	36
5.1	Resultados Obtidos	40
B.1	Resultados do Questionário	57

LISTA DE TABELAS

Abreviaturas e Símbolos

API	<i>Application Programming Interface</i>
CASA	<i>Computational Auditory Scene Analysis</i>
CITAR	Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes
FCT	Fundação para a Ciência e a Tecnologia
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NUI	<i>Natural User Interface</i>
PD	<i>Participatory Design</i>
TUI	<i>Tangible User Interface</i>
UCD	<i>User-Centred Design</i>
UCP	Universidade Católica Portuguesa
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WIMP	<i>Windows, Icons, Menus and Pointers</i>

Capítulo 1

Introdução

“Hoje em dia é proporcionado a todos a possibilidade de utilizar um computador, e de interagir diretamente com sistemas de *software*, explorando recursos de informação” [Cos01]. Por este motivo, é que encontramos ao nosso dispor, uma grande variedade de dispositivos inovadores em que a acessibilidade, disponibilidade e aceitação do consumidor convergem, com o objetivo de abrangerem um grande número de utilizadores [Fol08].

Contudo, o sucesso da interação humano - computador dependerá sempre da capacidade do ser humano comunicar com o sistema [RFMP05]. Por isso, qualquer sistema projetado para as pessoas, deve ser de fácil aprendizagem; útil, isto é, deve conter as funcionalidades que são realmente precisas; e deve ser ainda de fácil e agradável utilização [GL85].

Atualmente, e perante uma sociedade em permanente evolução, somos constantemente confrontados com sons e melodias vindas de diversas fontes, e que chegam até nós de diferentes formas e através de vários formatos. Os sons encontram-se presentes no nosso dia a dia, e estão associados a diversas situações. Por esta razão tornaram-se, em certa medida, imprescindíveis aos olhos da sociedade, sendo assim difícil evitar a sua presença.

Mas apesar da importância e do relevo que os sons têm na sociedade em geral, o sentido da audição é muitas vezes considerado secundário em relação, por exemplo, ao sentido da visão; e isto porque é tendencialmente subestimada a quantidade de informação que é recebida através dos nossos ouvidos [DFAB04].

“Uma característica fundamental do sistema auditivo humano é a capacidade de se concentrar seletivamente sobre os diferentes elementos sonoros e eventos em misturas complexas de som como música” [MLT11]. Por esta razão, “os seres humanos, mesmo sem qualquer tipo de formação musical, normalmente são capazes de extrair, quase inconscientemente, uma grande quantidade de informações relevantes a partir de um sinal musical. Características como a batida de uma peça musical, a melodia principal de um arranjo musical complexo, as fontes sonoras e eventos que ocorrem numa mistura musical complexa, a estrutura da música (por exemplo: verso, refrão, ponte) e o género musical de uma peça, são apenas alguns exemplos do nível de conhecimento

que um ouvinte ingénuo é comumente capaz de extrair apenas por ouvir uma peça musical” [MLT11].

1.1 Enquadramento

Esta dissertação insere-se num projeto de investigação intitulado “*A Computational Auditory Scene Analysis Framework for Sound Segregation in Music Signals*” (PTDC/EIA-CCO/111050/2009) do Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR), da Universidade Católica Portuguesa (UCP), sendo este financiado por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

No contexto deste projeto foi desenvolvido um sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, que é capaz de identificar os diferentes eventos sonoros existentes num sinal musical, extraindo a informação áudio de cada um desses eventos. Entende-se por evento sonoro, um agrupamento percetual de sons realizado pelo sistema auditivo humano, sendo este agrupamento baseado em critérios de similaridade, proximidade harmónica e espacial, entre outros. Os eventos sonoros identificados por este sistema podem estar relacionados com diferentes fontes sonoras ou diferentes funcionalidades (melodia, acompanhamento, ritmo, etc.). Para este projeto foi seguida uma abordagem paramétrica/procedimental: *Computational Auditory Scene Analysis* (CASA). Esta abordagem é inspirada no conhecimento atual dos ouvintes, e na forma como estes percecionam eventos sonoros em sinais musicais, sejam eles notas musicais, texturas harmónicas, contornos melódicos, instrumentos ou outro tipo de eventos.

1.2 Motivação e Objetivos

Atualmente este sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais não possui qualquer tipo de *interface*. Este facto acarreta algumas implicações entre as quais, a obrigação do utilizador possuir conhecimentos avançados do sistema para conseguir interagir com ele, o que por si só inviabiliza a realização de testes com qualquer tipo de utilizador.

Desta forma as motivações e o objetivo desta dissertação prendem-se com o desenvolvimento de uma *interface* para este sistema, que seja interativa, intuitiva, de fácil utilização para os seus utilizadores, e que possibilite a manipulação dos eventos sonoros identificados pelo sistema, através de funcionalidades como a seleção, reprodução ou mistura dos mesmos.

O sistema anteriormente descrito é dirigido a um público que se interessa pela área do som, em contextos como a remixagem, análise multimodal de carácter musicológico, reutilização de trechos e partes musicais, análise e deteção de padrões, desenvolvimento de modelos do sistema auditivo humano, etc. À partida este público gosta de frequentar instalações ou espaços ligados às artes, contudo, nada invalida que este sistema seja utilizado por outro tipo de utilizadores.

O desenvolvimento de uma *interface* para este sistema tem ainda o intuito de avaliar a *performance* do mesmo com diversos utilizadores, aplicando-se por isso conceitos de Interação Pessoa - Computador para o seu desenvolvimento.

1.3 Estrutura do Documento

Esta dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos.

O capítulo dois (2) retrata o Estado da Arte, no qual são apresentados os diferentes tipos de *interface* de utilizador: *Graphical*, *Tangible* e *Natural User Interface*.

O terceiro capítulo (3) aborda a metodologia adotada na realização desta dissertação: *User-Centred Design*.

O capítulo quatro (4) descreve e caracteriza toda a fase de desenvolvimento da *interface*.

O quinto capítulo (5) relata todos os acontecimentos inerentes à fase de realização de testes da *interface* e compreende uma análise e discussão dos resultados obtidos.

Por último, o sexto capítulo (6) apresenta as conclusões e o trabalho futuro.

Introdução

Capítulo 2

Estado da Arte

“O estudo de Interação Pessoa - Computador (*Human - Computer Interaction*: HCI), é a região de interseção entre a psicologia e as ciências sociais, por um lado, e a ciência da computação e da tecnologia por outro” [Car97].

“HCI provem da visão que o público não especializado tem de informática e de tecnologias de informação e do seu impacto nas suas vidas” [Car97]. “O trabalho que constituiu a fundação histórica de HCI, foi chamado de “psicologia de *software*” na década de 70. O objetivo de então era estabelecer a utilidade de uma abordagem comportamental para compreender *design* de *software*, programação, e utilização de sistemas interativos, e para motivar e orientar os desenvolvedores de sistemas a considerarem as características dos seres humanos” [Car97].

“A “psicologia de *software*” inaugurou uma variedade de projetos técnicos relacionados com o que hoje chamamos de usabilidade de sistemas e *software*: avaliando a complexidade relativa de construções sintáticas em linguagens de programação; classificando os erros das pessoas na especificação de consultas e procedimentos; descrevendo a utilidade de nomes de variáveis mnemónicos; e explicando como é que os fluxogramas servem de ajuda à programação” [Car97].

“HCI tem evoluído rapidamente nas últimas décadas, tendo lutado para desenvolver uma base científica e de utilidade nos sistemas e no *software* desenvolvido” [Car97]. Deste modo, o papel dos investigadores de HCI é analisar e projetar tecnologias de *interface* de utilizadores específicos, estudar e melhorar os processos de desenvolvimento de tecnologia e desenvolver e avaliar novas aplicações da tecnologia [Car97].

A Interação Pessoa - Computador para ser bem sucedida depende da capacidade dos seres humanos em comunicar com um computador [RFMP05]. Até há bem pouco tempo, essa comunicação era predominantemente mediada através de Dispositivos Indiretos. Este tipo de dispositivos, que inclui o rato e o teclado, são caracterizados por exigirem uma transformação entre a ação executada pelo utilizador e a ação resultante executada no sistema. Por exemplo, ao usar o rato, o sistema traduz o movimento do rato de um ponto para outro do ecrã, e quando o utilizador clica duas vezes numa aplicação, o sistema transforma o duplo clique numa ação dentro do sistema

para abrir a aplicação selecionada. Este tipo de eventos encontra-se associado principalmente com WIMP – *Windows, Icons, Menus and Pointers*: paradigma de interação amplamente utilizado em computadores.

Contudo, “a comunicação humana é complexa, cheia de elementos físicos, sinais subtis, expressões faciais e gestos. Com um toque, um olhar ou um movimento podemos transmitir uma série de informações” [Fol08]. No entanto, tais subtilezas estiveram ausentes da interação entre humanos e computadores durante muito tempo, e só recentemente começou a surgir o interesse e a preocupação em as capturar e utilizar em sistemas e aplicações. Atualmente existe uma grande variedade de Dispositivos Diretos que foram criados com o objetivo de serem mais intuitivos e naturais, baseando-se no paradigma da Manipulação Direta. O principal intuito da Manipulação Direta é substituir um meio computacional abstrato, por uma "programação" que é feita graficamente, de forma a que corresponda à maneira como se pensa sobre o problema. As operações pretendidas são realizadas simplesmente movendo os ícones apropriados para o ecrã e ligando-os em conjunto. A ligação dos ícones é equivalente à escrita de um programa ou à chamada de um conjunto de sub-rotinas estatísticas, mas com a vantagem de ser capaz de manipular e interagir diretamente com os dados e as conexões. Não há operações escondidas, sem sintaxe ou nomes de comando para aprender [HHN85]. Este paradigma caracteriza-se por proporcionar visibilidade de objetos de interesse; por ter um *feedback* rápido sobre todas as ações realizadas; por permitir reversibilidade e correção sintática de todas as ações, encorajando assim os utilizadores a explorarem sem penalizações, e garantindo que todas as ações são legais; e por proporcionar a substituição de linguagens de comando complexas por manipulação direta das opções visíveis [DFAB04].

Embora a Manipulação Direta tenha sido implementada num sistema baseado em WIMP, “os ecrãs sensíveis ao toque (*touch screens*) e as *interfaces* gestuais levaram a manipulação direta para outro nível. Os utilizadores podem simplesmente tocar no *item* que pretendem, manipulá-lo no próprio ecrã, movê-lo, torná-lo maior, deslocá-lo, etc” [Fol08]. Os utilizadores podem assim com um simples toque manipular um *item*, de uma forma semelhante ao que fariam no mundo real. Este tipo de *interfaces* são por isso inerentemente intuitivas [Fol08].

Para que melhor se compreenda as diferenças entre os dois tipos de dispositivos referidos anteriormente, apresenta-se a Tabela 2.1, na qual se identificam as vantagens e desvantagens dos dispositivos diretos e indiretos.

Compreender as características do utilizador é fundamental para se conseguir projetar um sistema que vá de encontro com as suas necessidades. Analisando a comparação entre estes dois tipos de dispositivos, existem algumas vantagens dos dispositivos diretos que indicam que estes podem ser mais adequados ao público alvo da *interface* a desenvolver nesta dissertação, entre as quais: a não necessidade de memorização de comandos e a necessidade de uma formação mínima, o que por si só incentiva os utilizadores a brincarem e explorarem mais a *interface*. Já os dispositivos indiretos requerem mais tempo de aprendizagem, sendo por isso mais adequados para um público alvo mais experiente e com longos períodos de utilização.

A *interface* que se pretende desenvolver para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais pode desenrolar-se sob diferentes formatos e perspetivas, consoante o

Tabela 2.1: Comparação entre Dispositivos Diretos e Indiretos [RFMP05]

Dispositivos	Vantagens	Desvantagens
Dispositivos Diretos	- Coordenação direta entre olho-mão. - Não necessita de memorização de comandos. - A formação necessária é mínima. - Grande aceitação por parte do utilizador. - Requer menos espaço. - Movimentos longos e balísticos realizados rapidamente. - Melhor para apontar tarefas.	- Fadiga do braço. - Resolução limitada. - Dificuldade com a precisão. - Entrada lenta. - Dedo ou braço podem ocultar o ecrã. - Ativação involuntária. - Sem <i>feedback</i> próprio.
Dispositivos Indiretos	- Mais precisos. - Pode-se ajustar a relação entre o dispositivo de controlo e o monitor. - Dá <i>feedback</i> tátil. - Os utilizadores experientes preferem estes dispositivos para longos períodos de tempo.	- Requerem tradução entre o movimento rotativo e linear. - Requerem tradução entre a mão e a tela. - Requerem tempo de aprendizagem. - Tempo de movimento entre comandos é longo.

tipo de interação que se pretende que o utilizador tenha com o sistema. Assim, apresentam-se de seguida os diferentes tipos de *interface* de utilizador que poderão ser considerados, assim como respetivos exemplos de aplicações existentes na área da música.

2.1 Graphical User Interface

A expansão da comunidade de utilizadores de computadores, que inclui utilizadores de diferentes origens e níveis de experiência, desencadeou a necessidade de construir *interfaces* mais *user friendly* [VK02]. O facto das *interfaces* de linhas de comando funcionarem através de uma linguagem rígida, exata e pouco intuitiva para utilizadores comuns, evidenciou a necessidade de se desenvolverem *interfaces* gráficas, como forma de combater a ineficácia das *interfaces* anteriores, assim como dar maior visibilidade aos produtos desenvolvidos à época.

“Em 1981, a Xerox Star preparou o palco para a primeira geração de *Graphical User Interface* (GUI), estabelecendo uma "metáfora do *desktop*", que simula um *desktop* num ecrã. Foi o primeiro sistema comercial que demonstrou o poder de um rato, das janelas, dos ícones, das folhas de propriedades e das interações modais. O Star também definiu vários princípios importantes de *design* de HCI, como "ver e apontar vs lembrar e digitar", e "o que você vê é aquilo que obtém" [IU97]. A utilização de imagens, formas e combinações de cores especialmente concebidas e devidamente rotuladas, permitiu ainda que os objetos fossem retratados no ecrã do computador de uma forma que o utilizador os conseguia reconhecer intuitivamente.

Assim, uma GUI é uma *interface* que exige que o utilizador manipule dispositivos, como rato, teclado, *joystick*, para conseguir interagir com o sistema. Este tipo de *interfaces* utiliza

ícones, menus e outras representações visuais para exibir informações relacionadas com as ações do utilizador.

Atualmente cada sistema operativo tem a sua GUI, o que faz com que a forma como se interage com um computador seja constantemente revista e reinventada.

Um exemplo deste tipo de *interface* na área musical é o *GarageBand* (Figura 2.1). Esta aplicação permite aos seus utilizadores criarem, gravarem e misturarem as suas próprias músicas, quer a partir do toque ao vivo das mesmas quer a partir da utilização de um teclado QWERTY. Neste último caso o utilizador terá de fazer uso da grande variedade sons realistas e de amostras de instrumentos que esta aplicação possui [App13]. Todavia, é de notar, que o âmbito do *GarageBand* é bastante mais alargado do que aquele que se pretende que o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais tenha.



Figura 2.1: *GarageBand*

2.2 Tangible User Interface

“Através de eras de evolução humana, desenvolvemos habilidades sofisticadas para a deteção e manipulação do nosso ambiente físico. No entanto, a maioria delas não são usadas quando interagimos com o mundo digital, onde a interação é largamente confinada às *Graphical User Interfaces*. Com o sucesso comercial do *Apple Macintosh* e dos sistemas *Microsoft Windows*, a *interface* gráfica tornou-se o paradigma padrão na interação humano - computador” [Ish08].

Contudo ao interagirmos com GUI's "não podemos tirar vantagem da evolução da nossa destreza ou utilizar as nossas capacidades na manipulação de objetos físicos" [Ish08].

Para tornar a computação verdadeiramente onnipresente e invisível, Ishii e Ullmer procuraram estabelecer um novo tipo de *interfaces* a que chamaram "Interfaces Tangíveis". O objetivo era mostrar formas concretas para superar o modelo que à época era dominante, as GUI's, e que obrigava à utilização de computadores com ecrã plano retangular, janelas, rato e teclado. Estas reforçariam assim o mundo físico real através da união das informações digitais aos objetos físicos e ambientes quotidianos [IU97].

Foi neste contexto que surgiram as *Tangible User Interfaces* (TUI), caracterizando-se pela utilização de objetos físicos para representar e controlar as abstrações computacionais [BFH⁺07]. Este tipo de *interface* permite que a informação digital seja diretamente manipulável através das mãos do utilizador, e perceptível através dos seus sentidos periféricos. As TUI's dão forma física à informação digital e à computação, e têm como objetivo capacitar a colaboração, aprendizagem e tomada de decisão através da tecnologia digital, enquanto se tira vantagem da capacidade humana de compreender e manipular objetos físicos e materiais [Ish08].

As *Tangible User Interfaces* "fornecem aos utilizadores finais uma série de benefícios, tais como: interação natural (intuitivamente e cognitivamente aceitável); interação ecológica (não é necessária a utilização de nenhum dispositivo físico específico, como um rato ou teclado); *feedback* imediato, quer ao nível espacial quer ao nível tátil; manipulação simultânea por parte de vários utilizadores [SV08].

Este tipo de *interface* abre portas para novas formas de percepção em Interação Pessoa - Computador, dando espaço à criatividade e permitindo que o público em geral disfrute de novas experiências.

A título de exemplo, apresentam-se agora duas aplicações que têm por base uma *interface* tangível: o *reactable* (Figura 2.2) e o *MusicCube* (Figura 2.3). O *reactable* é um instrumento musical electrónico, composto por uma mesa redonda com o tampo transparente, e por cubos ou blocos que são chamados de tangíveis. Através da colocação e manipulação dos tangíveis sobre a mesa, os utilizadores conseguem combinar diferentes elementos como sintetizadores, efeitos e amostras musicais, a fim de criar uma composição única. O *hardware* do *reactable* é ainda constituído por uma câmara de vídeo situada por debaixo da mesa, que analisa continuamente a sua superfície, acompanhando a natureza, posição e orientação dos objetos que nela estão distribuídos. Estes objetos são representações físicas dos componentes de um sintetizador modular clássico, e os utilizadores ao movê-los, mudando a sua posição, orientação ou as suas faces, estão a controlar diretamente a estrutura topológica e os parâmetros de um sintetizador de som. Existe também um projetor debaixo da mesa do *reactable* que é responsável por desenhar as animações dinâmicas na sua superfície, proporcionando assim um *feedback* visual do estado, da atividade e das principais características dos sons produzidos pelo sintetizador [KJGA06] [Rea13].

Quanto ao *MusicCube*, e como o próprio nome indica, é um cubo que tem como objetivo substituir os tradicionais MP3 e iPod's. O *MusicCube* é de borracha e tem uma face com um botão em forma de coluna que pode ser pressionado e rodado. O seu tamanho, forma e material



Figura 2.2: *reactable*

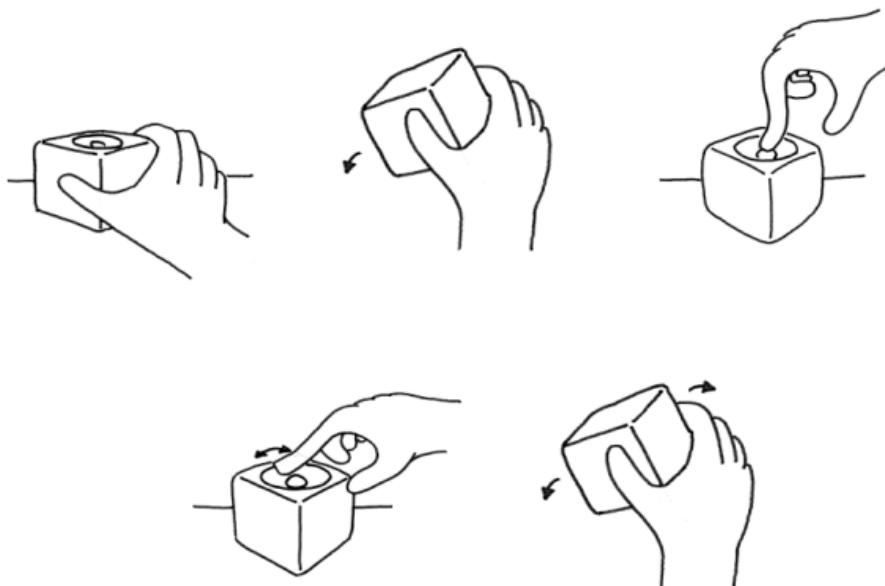


Figura 2.3: *MusicCube*

foram escolhidos por permitirem uma confortável interação com as duas mãos. Toda a interação entre este cubo e os seus utilizadores é realizada através da manipulação do mesmo, e o jogo de luzes e os sons suaves que este emite durante essa mesma interação fornece um *feedback* bastante agradável. Os movimentos que podem ser executados são, por exemplo, agitar o cubo para o ligar, alterar a face que está voltada para cima para mudar de música, rodar o botão em forma de coluna para aumentar ou diminuir o volume, etc. Para conseguir identificar a face que se encontra voltada para cima, o *MusicCube* possui sensores de infravermelhos em todas elas, assim como, LED's RGB para fornecerem as luzes coloridas [AK05].

2.3 Natural User Interface

Natural User Interface (NUI) é um tipo de interação entre humanos e computadores emergente, que se foca nas capacidades do utilizador, tais como toque, visão, voz, movimento, e em funções cognitivas como expressão, percepção e reconhecimento [Liu10]. Este tipo de *interface* é invisível e baseada numa linguagem natural e intuitiva, na qual os utilizadores fazem principalmente uso de gestos para interagirem com o sistema. O objetivo destas *interfaces* é tornar a tecnologia menos intrusiva, exigindo assim menos esforço ao utilizador. No entanto as NUI's exigem que os utilizadores aprendam os seus comandos para conseguirem interagir com elas. Isto pode ser problemático quando falamos na execução de gestos ou no reconhecimento de voz, pois os gestos não são executados por todos com a mesma rapidez e precisão, e as palavras podem ser pronunciadas de maneiras diferentes.

Contudo as *interfaces* naturais são uma grande promessa no que concerne à computação interativa, quer na perspetiva do toque quer na perspetiva gestual; e isto porque existe uma grande expectativa quanto às possibilidades comerciais deste tipo de *interfaces* [SWMJ10].

Exemplo deste tipo de *interfaces* é o *Multi Touch DJ Light Table* (Figura 2.4), uma mesa multi toque que se encontra inserida num Projeto do Instituto de Arte da Cidade do Kansas e que pretende digitalizar o equipamento tradicionalmente utilizado pelos DJ's. Esta aplicação, que funciona exclusivamente através do toque, tem como objetivo aumentar a mobilidade deste tipo de equipamentos, sem que no entanto se percam as funcionalidades dos mesmos. Se este equipamento estivesse disponível em todos os bares e discotecas, o DJ apenas precisaria de levar as suas músicas num dispositivo USB, e conetar este dispositivo com a mesa multi toque, para ter tudo o que precisa para realizar o seu trabalho [HG13]. Este sistema faz apenas uso

Um outro exemplo de *interfaces* naturais é o *Mogees* (Figura 2.5), uma aplicação que transforma qualquer tipo de superfície num instrumento musical. Para tal basta colocar um microfone de contacto sobre uma superfície e realizar sobre esta toques com as mãos ou com objetos. O *software* reconhecerá as diferentes vibrações efetuadas e associa-las-á a diferentes sintetizadores, construindo assim música ou efeitos sonoros. Atualmente a síntese do som do *Mogees* baseia-se em duas técnicas diferentes. A primeira é a modelação física, que consiste em gerar o som simulando as leis da física; diferentes materiais podem ser simulados, tais como cordas, membranas ou tubos. A segunda técnica é o mosaico: o utilizador carrega uma pasta com ficheiros de som,

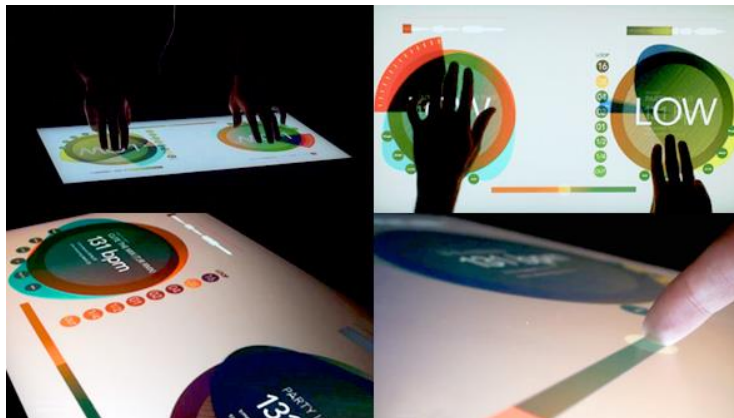


Figura 2.4: *Multi Touch DJ Light Table*

e em seguida a batida vinda do microfone de contacto é analisada. Como resultado o *software* reproduzirá para cada batida o segmento que for mais próximo desta e que se encontre dentro da pasta de ficheiros de som [Kir12].

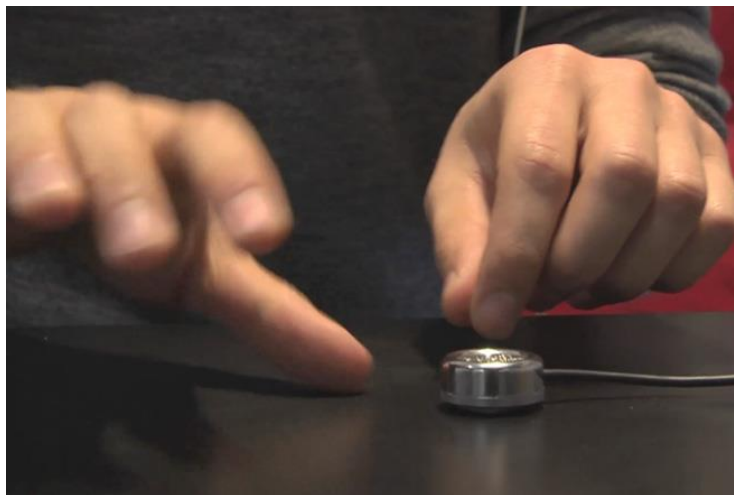


Figura 2.5: *Mogees*

2.4 Resumo

Neste capítulo foi abordada a área de Interação Pessoa - Computador e apresentados e analisados os dois tipos de dispositivos existentes: Diretos e Indiretos. Os Dispositivos Diretos

caraterizam-se por serem muito intuitivos e utilizarem uma linguagem natural, tornando assim a sua utilização acessível a qualquer utilizador. Os Dispositivos Indiretos exigem ao utilizador a manipulação de um dispositivo para interagirem com o sistema, no entanto são mais precisos e por isso mais adequados para longos períodos de utilização.

Apresentaram-se ainda três tipos de *interfaces* de utilizador: *Graphical*, *Tangible* e *Natural User Interface*. GUI's são *interfaces* que utilizam menus, ícones e outras representações visuais para exibir informações relacionadas com as ações do utilizador num ecrã. Já as TUI's utilizam a representação física e a manipulação dos dados digitais para oferecerem uma união interativa entre artefactos físicos e informação digital, sendo esta união mediada computacionalmente [XAM08]. O seu objetivo é oferecer a manipulação direta à informação digital através da fisicalidade do nosso meio ambiente [HTL08]. Por último, as NUI's concentram-se na visão, no tato, na voz e no movimento dos indivíduos para efetuar a interação entre utilizador e sistema. Estas permitem que os utilizadores interajam com os computadores da mesma forma como interagem com o mundo [JLW11]. Para cada um dos tipos de *interfaces* de utilizador foram também dados exemplos de aplicações existentes. Contudo, apesar das aplicações referidas se encontrarem relacionados com a área do som e com os paradigmas de interação que se pretendem abordar nesta dissertação, nenhuma delas abrange os objetivos do sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

Estado da Arte

Capítulo 3

Metodologia

O aparecimento dos computadores pessoais na década de 80 fez com que cada indivíduo se tornasse um potencial utilizador, conduzindo a um novo foco de usabilidade em sistemas de computadores de utilizador único [RH03]. Desde então, a tecnologia tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais preponderante no dia-a-dia das sociedades, sendo utilizada em áreas tão diversas como trabalho, educação, comunicação, entretenimento. Esta considerável evolução tornou a tecnologia mais confiável, porém com um nível de complexidade superior, da qual resultam produtos inúteis para a maioria dos seres humanos [Vic04]. Isto normalmente resulta do facto dos especialistas num contexto de experiência de utilizador, terem a tendência de assumir que sabem como as *interfaces* devem ser projetadas/trabalhadas; assim provavelmente serão capazes de projetar uma *interface* que funciona perfeitamente bem para eles, mas que não é suscetível de funcionar para outros utilizadores [Ore07].

Por este motivo, é fundamental compreender que um projeto deve começar pela identificação de uma necessidade humana ou social, que posteriormente será atendida, adequando a tecnologia à relevância e especificidade dos fatores humanos [Vic04].

O desenvolvimento de *software* necessita de uma abordagem mais centrada no utilizador, mas tal facto não impede que os produtos tenham uma quantidade excessiva de funcionalidades. Assim, é fundamental que os utilizadores necessitem realmente dessas funcionalidades, assim como é essencial que queiram e consigam efetivamente usar o *software* de uma forma eficaz [RH03].

Interação Pessoa - Computador “é uma disciplina que se preocupa com o *design*, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenómenos que os rodeiam” [HBC⁺96]. “É o estudo e a prática da usabilidade. É a compreensão e criação de *software* e de outras tecnologias que as pessoas vão querer usar, vão ser capazes de usar, e onde vão encontrar eficácia enquanto usam” [RH03]. Esta disciplina “é um campo multidisciplinar, que combina as teorias e práticas da psicologia cognitiva e comportamental, da ergonomia, antropologia, sociologia, engenharia da computação, ciência e *design* gráfico, entre outros” [RH03].

Através da aplicação dos princípios desta disciplina, pretende-se desenvolver um produto que considere as características do público alvo do sistema de análise e segregação de sons, fornecendo-lhe os benefícios que a tecnologia lhe pode proporcionar.

Neste capítulo, realiza-se uma análise da metodologia mais adequada a utilizar neste projeto, assim como das técnicas que poderão ser utilizadas para a aplicação da mesma.

3.1 Metodologias User - Centred Design

Entre as diversas metodologias existentes em Interação Pessoa - Computador, *Participatory Design* (PD) e *User - Centred Design* (UCD) destacam-se por serem baseados numa filosofia centrada no utilizador que procura o envolvimento do mesmo em todo o processo de desenvolvimento. Este envolvimento é decisivo para garantir que a equipa de desenvolvimento obtém uma melhor compreensão das necessidades e objetivos dos utilizadores, construindo assim um produto mais apropriado e mais usável [PRS07]. *User - Centred Design* tenta otimizar o produto em torno daquilo que os utilizadores podem, querem ou precisam do mesmo, em vez de forçar os utilizadores a mudarem o seu comportamento para se adaptarem ao produto.

Quando o *Participatory Design* surgiu no final da década de 60 início da década de 70, os utilizadores raramente eram considerados durante todo o processo de conceção e desenvolvimento de um sistema de computador. Trabalhadores de empresas escandinavas estavam insatisfeitos com a forma como os computadores foram introduzidos e como eles mudaram os processos de trabalho das empresas. Estes sentiram uma redução do conteúdo de trabalho e da eficiência do mesmo, levando assim à diminuição da motivação e ao aumento do absentismo [Kyn91].

Na verdade, o problema foi que os *designers* tiveram pouca ou nenhuma informação sobre as necessidades ou tarefas dos projetos, o que fez com que resultassem dos mesmos, produtos pobres que não cumpriam os requisitos de trabalhadores ou empregadores. A necessidade de uma melhor comunicação entre *designers* e utilizadores, levou ao desenvolvimento de um "projeto cooperativo para enfatizar a importância de reunir as competências de *designers* e utilizadores", criando um processo de "aprendizagem mútua", o que "implica que os *designers* aprendam sobre a área de aplicação e os utilizadores aprendam sobre as novas possibilidades técnicas" [Kyn91].

PD defende um forte envolvimento do utilizador no projeto do sistema [Mac96]. Nesta metodologia, "os utilizadores são colaboradores ativos no processo de *design*, ao invés de participantes passivos cujo envolvimento é completamente regido pelo *designer*. O argumento é que os utilizadores são especialistas no contexto de trabalho, e o *design* só pode ser eficaz dentro desse contexto se os especialistas estiverem autorizados a contribuir ativamente para o processo de *design*" [DFAB04]. PD visa refinar os requisitos do sistema de forma iterativa através de um processo de *design* em que o utilizador está ativamente envolvido" [DFAB04]. "A intenção é que estes se tornem um parceiro na equipa de projeto, e projetem o produto em colaboração com os *designers*" [PRS07].

A principal diferença entre UCD e PD é o grau em que o utilizador está envolvido no processo. Em UCD, o produto é desenvolvido, considerando o utilizador, no entanto este não é parte

integrante da equipa de desenvolvimento do produto. “*User - Centred Design* é uma filosofia baseada nas necessidades e interesses do utilizador, com ênfase na construção de produtos usáveis e compreensíveis” [Nor98]. Tal implica a compreensão dos utilizadores desde o início do processo de desenvolvimento, tornando-se estes o foco principal dos *designers*. As suas características, necessidades, tarefas e contexto são devidamente estudados, com o intuito de oferecer uma solução que atenda às suas necessidades com sucesso. Essencialmente, “os princípios básicos do *User - Centred Design* são: 1) analisar utilizadores e tarefas; 2) elaborar e implementar o sistema de forma iterativa através de protótipos de complexidade crescente; 3) avaliar opções de *design* e protótipos com os utilizadores” [Cos01].

“User - Centred Design significa que os utilizadores finais estão envolvidos desde o início na fase de planeamento, e identificam as necessidades dos utilizadores numa fase crucial. O envolvimento precoce de utilizadores tem o potencial de prevenir erros graves na conceção de sistemas inovadores. Na verdade, obriga os *designers* a pensarem em termos da utilidade e da usabilidade do sistema que vão desenvolver. Benefícios da abordagem centrada no utilizador estão relacionados principalmente com a completude da funcionalidade do sistema, economia de esforço de reparação, bem como satisfação do utilizador” [Cos01].

Por estas razões, a metodologia que será utilizada para o desenvolvimento da *interface* para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais de musicais irá basear-se numa abordagem UCD.

3.2 Fases e Técnicas de Interação Pessoa - Computador

Foram concebidas as principais atividades a serem realizadas durante todo o processo de desenvolvimento de uma forma iterativa (Figura 3.1). O ciclo deve ser repetido o número de vezes necessárias até que as soluções de *design* satisfaçam os requisitos definidos pelo utilizador. Para cada fase do processo, existem várias técnicas que podem ser utilizadas para atingir o resultado desejado. Uma análise às suas vantagens e desvantagens será apresentada nas próximas secções.

3.2.1 Entrevistas

“A compreensão profunda do contexto dos utilizadores, terminologia e processos é algo fundamental quando se pretende construir *interfaces* "intuitivas"” [Wil07]. Uma vez definida a abordagem é necessário envolver os utilizadores, na expectativa de recolher o maior número de dados sobre o seu contexto social e profissional. Neste sentido, considerou-se que a realização de entrevistas seria a técnica mais apropriada para este efeito; isto porque são eficientes a nível de consumo de tempo e de recolha de informação.

As entrevistas recolhem a experiência de auto-relato, opinião e motivações comportamentais [Cos01]. Podem fornecer aos entrevistadores um conjunto de informações detalhadas que explorem uma ampla gama de preocupações sobre um problema. Através da colocação das perguntas certas, poder-se-á fazer uma reflexão que permita considerar e até encorajar a geração de novas ideias. O objetivo da realização de entrevistas é colocar perguntas abertas, que permitam explorar



Figura 3.1: Fases de Desenvolvimento

questões pertinentes [PRS07], por forma a proporcionar uma reflexão mais profunda sobre os assuntos.

3.2.2 Protótipos

O facto das situações humanas serem complexas e os *designers* não serem infalíveis, faz com que seja provável que um primeiro projeto não seja perfeito. Por esta razão, é que o processo de *design* interativo é baseado numa abordagem iterativa [DFAB04]. Esta natureza iterativa implica a realização de uma avaliação para cada iteração, a fim de melhorar as soluções desenvolvidas, e geralmente, fazendo uso de protótipos. Os protótipos são assim utilizados para ultrapassar possíveis mal-entendidos com o cliente e para testar a viabilidade técnica de um *design* sugerido, assim como a sua produção. Estes envolvem a construção de uma versão limitada do produto, com o objetivo de responder a perguntas específicas sobre a sua viabilidade e adequação ao projeto. Os protótipos dão uma melhor impressão da experiência do utilizador algo que simples descrições nunca conseguiriam fazer [PRS07]. Os protótipos podem ser de dois tipos: baixa fidelidade ou alta fidelidade.

Protótipos de baixa fidelidade, também conhecidos por protótipos de papel, são um “método amplamente utilizado para concepção, teste e refinamento de *interfaces* de utilizador” [Sny03]. Esta técnica tornou-se uma prática comum na indústria de *software* em meados da década de 90, e atualmente é amplamente utilizada em muitas empresas, apesar de, por vezes, ainda se deparar

com o ceticismo de algumas pessoas [Sny03]. Um protótipo de baixa fidelidade não se parece muito com o produto final, pois utiliza materiais que são muito diferentes dos da versão final, tais como papel e cartão, em vez de ecrãs eletrónicos e de metal. Este tipo de protótipos é útil porque tende a ser simples, barato e de fácil construção. Isto significa que também é simples, barato e rápido modificá-lo por forma a que este apoie a exploração de ideias alternativas. “Os protótipos de baixa fidelidade nunca se destinam a ser conservados e integrados no produto final. Estes são apenas para exploração” [PRS07].

Além de todos os benefícios que os protótipos de baixa fidelidade podem trazer para a equipa de desenvolvimento, eles também têm vantagens para os utilizadores finais. Uma delas prende-se com o facto de este tipo de protótipos representar uma ameaça menor para utilizadores com pouca ou nenhuma experiência com computadores. O aspeto inacabado que estes protótipos transmitem, é outra das vantagens, pois encoraja a uma resposta mais criativa por parte dos utilizadores. Por último, a inexistência de *feedback* insignificante permite que os utilizadores se concentrem nos conceitos e nas funcionalidades do produto [Sny03].

“A prototipagem tem sido reconhecida como um meio eficiente e eficaz de desenvolvimento de *interfaces* de utilizador” tornando-se assim “parte integrante do processo de desenvolvimento em muitas organizações” [RSI96]. Neste sentido, para se testar um protótipo, este deve estar completo e robusto o suficiente para que alguém consiga fazer algo de útil com ele [Ret94]. Assim, após a elaboração dos protótipos de baixa fidelidade, segue-se a construção dos protótipos de alta fidelidade.

“Os protótipos de alta fidelidade utilizam materiais que se esperam encontrar no produto final” [PRS07]. São completamente funcionais, totalmente interativos e têm o *look and feel* do produto final [PRS07] [RSI96]. Os protótipos de alta fidelidade “não são tão fáceis e rápidos de criar como os protótipos de baixa fidelidade, mas representam fielmente a *interface* a ser implementada” [RSI96]. Assim estes podem ser utilizados para exploração e realização testes [PRS07], de forma a permitir que os utilizadores interajam com a *interface* como se fosse um produto real [RSI96].

3.2.3 Avaliação

Após cada iteração existe a necessidade de avaliar a solução concebida, neste caso os protótipos realizados. Há duas formas de avaliação: a avaliação formativa e a avaliação sumativa. A avaliação formativa é um tipo de avaliação destinada a melhorar *designs* [DFAB04]. A avaliação sumativa é realizada no final do projeto com o intuito de verificar se o produto é suficientemente bom [DFAB04]. Esta “deve ser considerada como a última confirmação da justeza das hipóteses estabelecidas durante o processo de *design*” [Cos01].

Estas avaliações são realizadas em diferentes fases do desenvolvimento do projeto e com recurso a diferentes técnicas. A avaliação formativa é realizada durante a fase de conceção dos protótipos e baseia-se principalmente em técnicas de usabilidade, enquanto a avaliação sumativa é realizada na fase final do projeto com recurso a testes com os utilizadores finais.

As técnicas consideradas adequadas para efectuar a avaliação dos protótipos deste projeto foram: *brainstorming*, a metodologia do feiticeiro de oz e estudos empíricos.

As sessões de *brainstorming* são uma técnica de dinâmica de grupo que consiste numa reunião informal, na qual os participantes analisam os protótipos apresentados, e propõem possíveis alterações aos mesmos.

A metodologia do feiticeiro de oz foi utilizada por Kelley [Kel84] para testar uma aplicação em linguagem natural. Este realizou uma simulação experimental, onde foi dada aos participantes a impressão de que estavam a interagir com um programa que entende inglês, como um ser humano, quando na verdade, o experimentador estava a interceptar as comunicações entre participante e programa, fornecendo as respostas conforme necessário. Esta técnica evoluiu e actualmente é amplamente usada em ensaios iterativos.

Os estudos empíricos visam recolher informações junto dos utilizadores através da observação e da realização de experiências. Para tal, “o avaliador escolhe uma hipótese para teste, que pode ser determinada medindo alguns atributos de comportamento do participante” [DFAB04].

3.2.4 Observação Natural

A observação natural é uma técnica que consiste em “observar os utilizadores enquanto estes realizam as suas tarefas no seu local de trabalho. É o método mais confiável e preciso para a recolha de dados sobre os utilizadores” [Cos01]. Esta técnica permite compreender a natureza das tarefas e o contexto no qual elas são realizadas. A observação natural é bastante útil pois normalmente “é muito difícil a um humano explicar o que é que faz ou descrever com precisão todas as tarefas que executa” [PRS07]. A observação é ainda a técnica ideal quando se pretende obter uma descrição completa e verídica de uma situação, sendo no entanto necessário despende algum tempo a observar os *stakeholders* enquanto estes realizam as tarefas que lhe são pedidas [PRS07].

3.2.5 Questionários

É necessário criar *interfaces* “bem-sucedidas, cuja qualidade é avaliada principalmente do ponto de vista dos utilizadores. Uma *interface* de utilizador com um bom *design* resulta de quando os *designers* entendem as pessoas, bem como a tecnologia. Os *designers* devem entender que serão os utilizadores dos seus produtos, as suas características pessoais, as suas capacidades físicas, os seus objetivos e as tarefas que estes precisam de realizar, que são as circunstâncias sob as quais têm de desenvolver o seu trabalho” [Cos01]. É por este motivo que é “amplamente reconhecido que a usabilidade é um fator crucial da qualidade global de aplicações interativas” [Cos01].

Nesta perspectiva, a aplicação de questionários é essencial para que se conseguir perceber se se está a ir de encontro às necessidades dos utilizadores que foram previamente identificadas.

Os questionários são claramente menos flexíveis que as entrevistas, uma vez que as perguntas são fixadas previamente. No entanto podem ser utilizados para atingir um grupo de utilizadores mais amplo, consumindo menos tempo e permitindo uma análise dos resultados mais rigorosa. Esta técnica pode ser utilizada em várias fases do processo de *design*: recolha de requisitos, análise de tarefas e avaliação, a fim de obter informações sobre as necessidades, preferências e

experiências do utilizador [DFAB04]. Os questionários “permitem obter análises estatísticas e generalizações mais fortes do que as entrevistas” [Cos01], possibilitam o anonimato das respostas e garantem ainda que não se exerce influência sobre o inquirido, aquando da sua realização.

3.3 Resumo

No capítulo agora findo apresentaram-se duas metodologias que se destacam na área de Interação Pessoa – Computador, por serem baseadas numa filosofia centrada no utilizador: *Participatory Design* (PD) e *User Centred - Design* (UCD).

A metodologia PD caracteriza-se pelo facto dos utilizadores se encontrarem ativamente envolvidos no desenvolvimento do sistema [PRS07], isto porque se considera que o seu contributo é essencial para se construir um produto que vá de encontro às necessidades dos seus utilizadores.

User Centred – Design é uma metodologia que coloca o utilizador no centro do processo de *design* [Mac96] contudo este não faz parte da equipa de desenvolvimento do produto. A sua participação concentra-se essencialmente nas fases de recolha de informação, levantamento de requisitos, testes dos protótipos e testes finais ao produto.

Apresentaram-se também as principais atividades a realizar durante todo o processo de desenvolvimento, assim como as várias técnicas que podem ser utilizadas no decorrer de um processo de *design* centrado no utilizador, entre elas: entrevistas, prototipagem, avaliação dos protótipos, observação natural e questionários.

Metodologia

Capítulo 4

Desenvolvimento da Interface

Cumprida a revisão bibliográfica e identificada a metodologia a utilizar, parte-se agora para a fase de desenvolvimento da *interface*. Este capítulo apresenta uma caracterização dos utilizadores escolhidos para esta fase do projeto, identifica os principais requisitos e discrimina as funcionalidades que se pretende que a *interface* possua. Por fim, é descrita a solução proposta.

4.1 Caracterização dos Utilizadores

O principal objetivo desta fase passa, essencialmente, por recolher todas as informações relevantes do projeto, assim como os requisitos e as funcionalidades que se pretende que a *interface* possua, por forma a se conseguir apresentar uma solução que vá de encontro às necessidades dos utilizadores.

Assim iniciou-se esta fase de desenvolvimento com a seleção dos utilizadores, junto dos quais se iriam recolher todas as informações do projeto relativo ao sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais. Estes utilizadores também seriam vozes ativas no levantamento de requisitos e de funcionalidades, assim como na fase de avaliação dos protótipos de baixa fidelidade.

As pessoas escolhidas para formarem o grupo de utilizadores para esta etapa encontram-se envolvidas no projeto de investigação em que se insere o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais. São por isso utilizadores com total conhecimento do funcionamento teórico do sistema. Há que procurar perceber em primeiro lugar, o que é que pretendem e ambicionam com o desenvolvimento da *interface*, e quais as necessidades que julgam colmatar com a sua construção. Neste sentido, foi realizada uma entrevista com este grupo de utilizadores (Anexo A), com o intuito de compreender o contexto em que se insere este projeto.

4.2 Identificação dos Requisitos

Para se projetar uma *interface* eficiente, é essencial que se entenda o que é que os utilizadores querem e precisam de uma aplicação deste tipo. Existem algumas orientações comuns, que se aplicam a qualquer tipo de utilizador, e que podem ser utilizadas em qualquer projeto. São apresentados de seguida, os requisitos identificados na conceção desta *interface*.

- **Usabilidade:** A *interface* deve ser o mais simples possível, possuindo apenas a informação essencial e necessária. Os seus elementos devem ser posicionados de forma consistente entre todos os ecrãs e devem ser claramente visíveis. Imagens ou ícones descritivos também podem ser utilizados em adição ao texto, como forma de melhor expressar a informação que está a ser transmitida.
- **Desempenho:** A *interface* deve correr sem atrasos. Quando uma operação é conhecida por envolver um consumo considerável de tempo, o utilizador deve ser avisado. Além disso, as operações demoradas devem ser em número reduzido e distantes entre si. Para evitar tais situações, as operações devem ser otimizadas de modo a executarem rapidamente, fazendo apenas uso dos recursos indispensáveis.
- **Robustez:** O sistema deve ser robusto e não deve parar abruptamente, devendo correr com um *frame rate* constante e eficiente. Este ponto é particularmente importante, pois os utilizadores podem perder o interesse no sistema, se este não funcionar corretamente.

4.3 Identificação das Funcionalidades

Analisando as características e considerando o propósito do sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, procurou-se determinar, em conjunto com o grupo de utilizadores definido anteriormente (Secção 4.1), as funcionalidades esperadas para esta *interface*; tendo sido identificadas as seguintes:

- Representar os diferentes eventos sonoros segregados pela aplicação;
- Visualizar os eventos sonoros através de diferentes perspetivas;
- Realizar *zoom in* e *zoom out*;
- Selecionar os eventos sonoros;
- Reproduzir os eventos sonoros selecionados;
- Eliminar a seleção de eventos sonoros existente;
- Arrastar um evento sonoro para primeiro plano;
- Atribuir um volume a cada evento sonoro.

4.4 Caraterização da Solução

Estudado o contexto e analisados os requisitos e as funcionalidades pretendidas, chega-se agora o momento de averiguar qual o tipo de *interface* de utilizador mais adequado para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

Uma vez que este sistema se apresenta inserido num projeto de investigação que se encontra numa fase avançada de desenvolvimento, o tipo de *interface* a utilizar teria de ir de encontro com a implementação que já tinha sido feita para o sistema. Neste sentido, a implementação inicial estava condicionada a uma *Graphical User Interface*, e por isso foi este o tipo de *interface* que foi construído no protótipo funcional. Contudo, a preferência recaiu no sentido de uma *Natural User Interface*, mais concretamente baseada em *touch*. Por este motivo, a análise e desenho da *interface* foram feitas de forma a que posteriormente fosse possível uma fácil transição para NUI.

4.4.1 Descrição das Componentes do Projeto

O sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais analisa diversas variáveis aquando da segregação dos eventos sonoros, entre elas: frequência, amplitude, fase, *frame*, grupo, trajetória, etc. Realizada a análise e segregação, é gerado um ficheiro, onde consta toda a informação relativa aos eventos sonoros segregados.

Contudo, para a representação gráfica dos eventos sonoros na *interface* do sistema, apenas será necessário analisar quatro destas variáveis: *frame*, frequência, grupo e trajetória. O *frame* é representado por um inteiro, e como o próprio nome indica, representa o instante de tempo a que corresponde um determinado ponto. A frequência encontra-se representada por um real e corresponde à frequência em *hertz* registada no instante correspondente. O grupo é representado por um número inteiro e identifica o evento sonoro a que corresponde cada ponto. A trajetória é representada por um inteiro e indica a que trajetória do evento sonoro pertence o ponto em questão. Isto porque um evento sonoro pode ser constituído por diferentes trajetórias.

Apresenta-se de seguida a tabela 4.1, que resume as caraterísticas das variáveis descritas anteriormente.

Tabela 4.1: Caraterísticas das Componentes do Projeto

Variável	Tipo	Descrição
<i>Frame</i> .	- Inteiro.	- Instante de tempo.
Frequência.	- Real (<i>Hertz</i>).	- Frequência registada num instante de tempo.
Grupo.	- Inteiro.	- Evento sonoro a que corresponde o ponto.
Trajecória.	- Inteiro.	- Trajetória a que o ponto pertence dentro do evento sonoro.

4.4.2 Ferramentas Adotadas

O desenvolvimento da *interface* para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais foi realizado com recurso a duas ferramentas: *openFrameworks* e *Marsyas*.

openFrameworks é uma ferramenta *open source* projetada para auxiliar processos criativos, fornecendo uma *framework* simples e intuitiva para a sua experimentação. É escrita em C++ e é desenvolvida com o intuito de ter uma compatibilidade transversal. De momento é suportada por cinco sistemas operativos (Windows, OSX, Linux, iOS e Android) e por quatro IDE's (XCode, Code::Blocks, Visual Studio e Eclipse). A sua API é projetada para ser mínima e fácil de entender [ope]. Esta ferramenta é distribuída sob a licença MIT, o que dá liberdade a todos os utilizadores para utilizar o *openFrameworks* em qualquer contexto: fonte pública ou privada, aberta ou fechada, comercial ou não-comercial [ope]. O principal motivo para a utilização desta ferramenta no desenvolvimento da *interface* para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais deve-se ao facto do *openFrameworks* possuir vários *plug-ins* que permitem a sua utilização em diferentes formatos de interação, por exemplo: GUI e NUI. *openFrameworks* é desenvolvido ativamente por Zachary Lieberman, Theo Watson e Arturo Castro com contribuições de outros membros da comunidade *openFrameworks* [ope].

Marsyas (Music Analysis, Retrieval and Synthesis for Audio Signals) é uma *framework open source* para processamento e análise de áudio, com ênfase para sinais de música e *Music Information Retrieval*. O seu objetivo é fornecer uma arquitetura geral, extensível e flexível que permita a experimentação fácil com algoritmos, fornecendo um desempenho rápido e útil para o desenvolvimento de análise de áudio em tempo real. Esta ferramenta foi projetada e escrita por George Tzanetakis, com a colaboração de estudantes e investigadores de todo o mundo, tendo já sido utilizada para uma variedade de projetos na área académica e industrial [Mar].

4.5 Etapas de Desenvolvimento

O processo de desenvolvimento da *interface* para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais iniciou-se com a realização de uma entrevista aos utilizadores mencionados anteriormente (Secção 4.1). As entrevistas podem ser estruturadas, semi-estruturadas ou abertas [PRS07], dependendo do controle que o entrevistador quer ter da conversa, para o conjunto de perguntas que tem previamente preparadas. No contexto deste projeto, considerou-se que a entrevista aberta seria a mais adequada, pois o formato e o conteúdo das respostas dadas não é pré-estabelecido, o que permite ao entrevistado responder de uma forma completa ou tão breve quanto desejar. Este tipo de entrevistas permite assim compreender melhor os utilizadores e as suas necessidades.

Com a realização desta entrevista (Anexo A) foi possível perceber o contexto em que se insere o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, assim como levantar os requisitos (Secção 4.2) e discutir as funcionalidades a constar na *interface* (Secção 4.3).

Obtida toda a informação necessária, prosseguiu-se com a produção de protótipos de baixa fidelidade. Conforme descrito anteriormente, as fases de conceção e avaliação da *interface* foram realizadas de forma iterativa (Secção 3.2.2) usando uma metodologia *User - Centred Design* (Secção 3.1), que envolve o utilizador final nas fases de desenvolvimento.

A construção de protótipos é extremamente útil quando se discutem ideias com *stakeholders*, tornando-se estes um instrumento de comunicação entre todos os membros da equipa, e uma forma eficaz de testar ideias. Um protótipo é uma representação limitada de um produto, contudo permite aos utilizadores interagirem e explorarem a sua adequação [PRS07]. A criação de protótipos de baixa fidelidade tem o intuito de mostrar o visual do produto, incluindo cores, ícones e colocação de comandos de controlo [RSI96]. Estes têm também a capacidade de averiguar a usabilidade daquilo que se pretende construir, pois segundo a norma ISO/IEC 9126 usabilidade é a "capacidade do produto de software para ser compreendido, aprendido, usado e atraente para o utilizador" [Cos01].

A fase de prototipagem de baixa fidelidade da *interface* iniciou-se com a identificação das características principais da tela, assim como as informações que deveriam constar na mesma. Realizada esta análise, concluiu-se que a tela da *interface* seria ocupada pela representação gráfica dos eventos sonoros segregados pelo sistema, e por botões ou mecanismos similares, que permitissem realizar as funcionalidades enumeradas anteriormente (Secção 4.3). Reunidas todas estas informações construíram-se quatro protótipos de baixa fidelidade para a *interface* do sistema. O objetivo era averiguar qual o mais adequado para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

O protótipo A (Figura 4.1) caracteriza-se pela clara divisão que apresenta entre duas áreas da tela: uma área superior onde consta a representação gráfica dos eventos sonoros, e outra, na zona inferior da tela, onde se encontram os diversos botões que permitem realizar ações. Nessa zona inferior, o utilizador dispõe de sete botões estando estes identificados pelo seguinte texto: *play*, *stop*, *delete*, *left camera*, *top camera*, *front camera* e *right camera*. Os botões *play* e *stop* permitem ao utilizador reproduzir os eventos sonoros selecionados; o botão *delete* elimina a seleção de eventos sonoros existentes; e os botões relativos às câmaras permitem ver a representação gráfica dos eventos sonoros a partir de diferentes perspetivas. Para além destes botões, o utilizador pode ainda utilizar outros mecanismos (por exemplo: rato no caso de uma GUI) para realizar ações de seleção de eventos sonoros assim como de *zoom in* e *zoom out*.

O protótipo B (Figura 4.2) é idêntico ao protótipo A diferindo apenas no facto de considerar a variável de amplitude na representação gráfica dos pontos. Assim, o tamanho do círculo que representa cada ponto na tela seria proporcional ao valor da sua amplitude.

O protótipo C (Figura 4.3) caracteriza-se, tal como os protótipos A e B, por ter duas áreas distintas: uma no canto superior esquerdo, onde consta uma janela através da qual o utilizador realiza as ações que pretende; e outra que ocupa a restante tela e que se destina à representação gráfica dos eventos sonoros identificados pelo sistema. A janela de ações do canto superior esquerdo apresenta quatro elementos: o *change camera* que altera a câmara através da qual se visualiza a representação gráfica dos eventos sonoros; botões *play* e *stop* que permitem reproduzir os eventos sonoros selecionados; e ainda um botão *delete* que elimina a seleção de eventos sonoros existentes. Tal como nos protótipos anteriores, o utilizador poderia ainda utilizar outros mecanismos para realizar ações de seleção dos eventos sonoros assim como de *zoom in* e *zoom out*.

O protótipo D (Figura 4.4) é muito parecido com o protótipo C, divergindo apenas no facto de,

Desenvolvimento da Interface

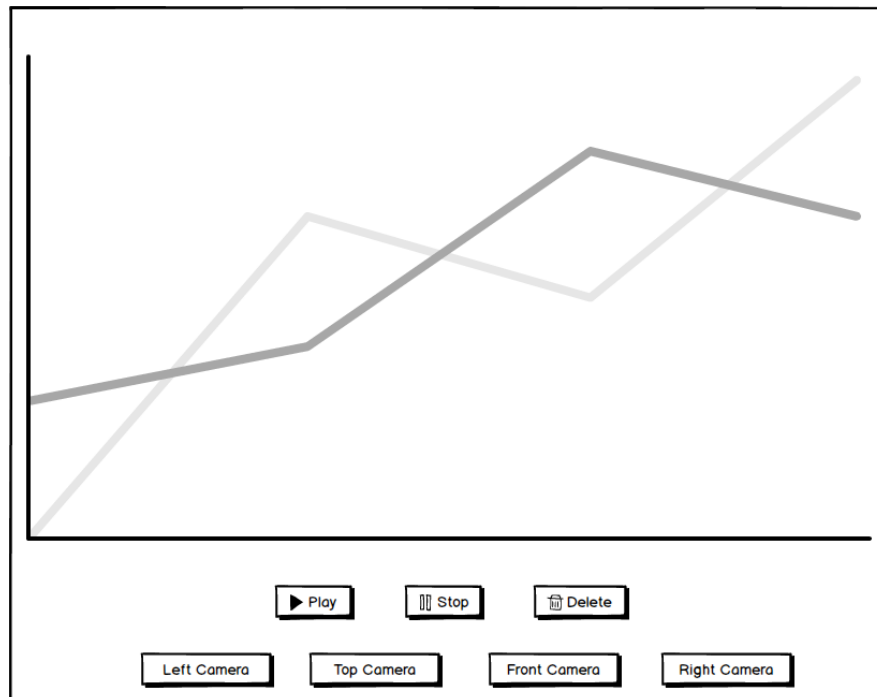


Figura 4.1: Protótipo de Baixa Fidelidade A

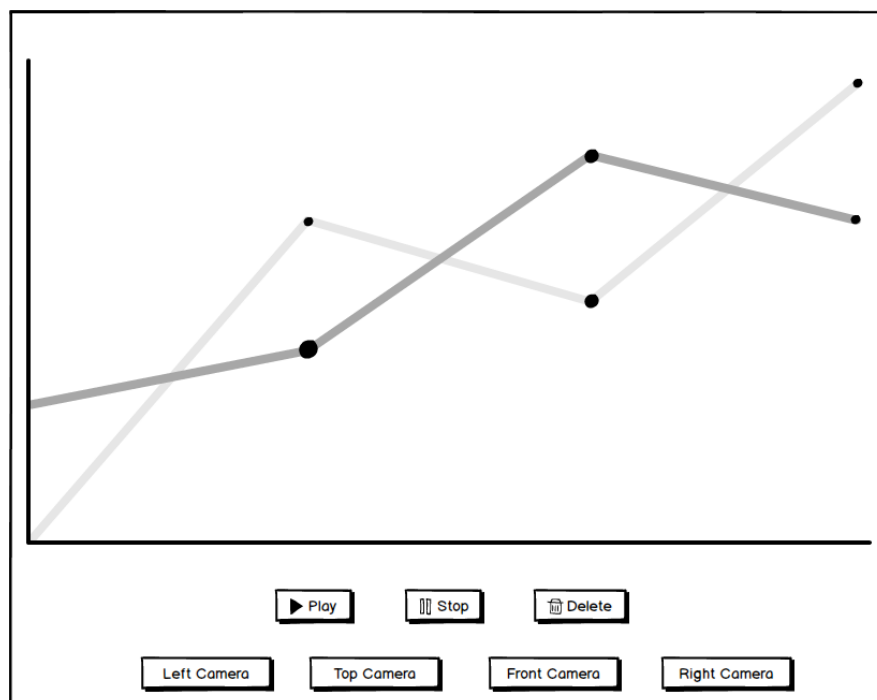


Figura 4.2: Protótipo de Baixa Fidelidade B

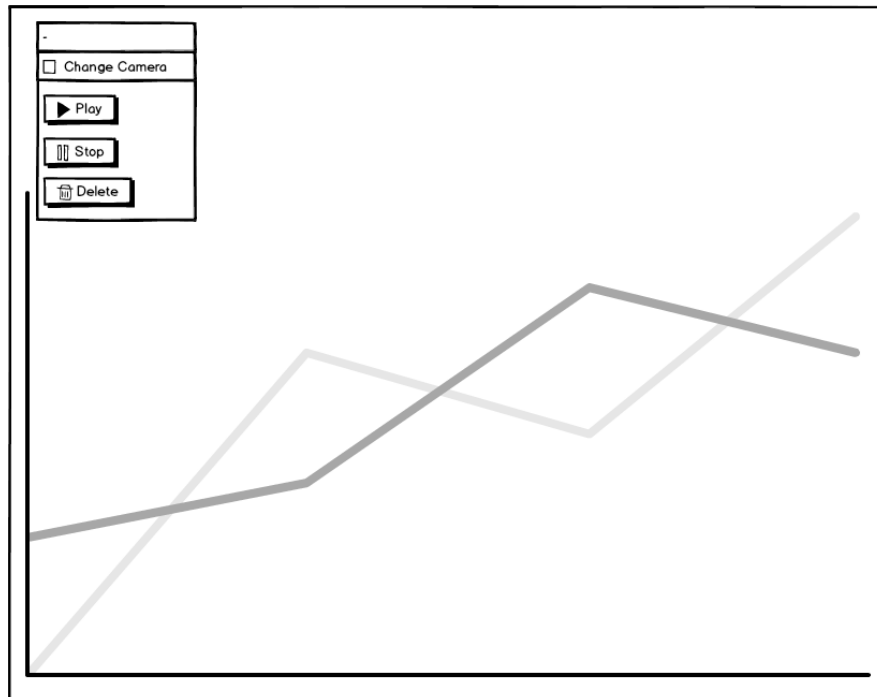


Figura 4.3: Protótipo de Baixa Fidelidade C

tal como o protótipo B, considerar a amplitude na representação gráfica dos pontos. Desta forma o valor da amplitude influenciará proporcionalmente o tamanho com que um ponto se encontra representado.

Elaborados os protótipos de baixa fidelidade, procedeu-se à avaliação dos mesmos, por forma a decidir qual o que melhor representaria a *interface* que se pretende construir. Para tal recorreu-se ao conjunto de utilizadores definido na Secção 4.1 e às técnicas apresentadas na Secção 3.2.3, mais concretamente: sessões de *brainstorming* e metodologia do feiticeiro de Oz. Foram assim criadas um conjunto de tarefas a realizar, com o objetivo de verificar a forma como a *interface* reagiria a cada uma das ações.

Após uma análise a todos os protótipos decidiu-se descartar os protótipos A e B, uma vez que em C e D é dado maior destaque à representação gráfica dos eventos sonoros. Desta forma é possível disponibilizar na tela uma maior área útil para a representação gráfica, pois não é reservado tanto espaço para os botões. Verifica-se também que os protótipos C e D oferecem uma *interface* mais simples, esperando-se assim que esta seja mais apelativa. Encontrando-se agora a escolha entre os protótipos C e D, a decisão recaiu sobre o protótipo C uma vez que se considerou que a amplitude utilizada em D não tinha a importância e relevância necessárias para constar na *interface* deste sistema. Até porque a atribuição de diferentes tamanhos a cada um dos pontos representados tornaria a representação gráfica dos eventos sonoros mais complexa.

Escolhido o protótipo C evoluiu-se posteriormente para o protótipo E (Figura 4.5). Isto para

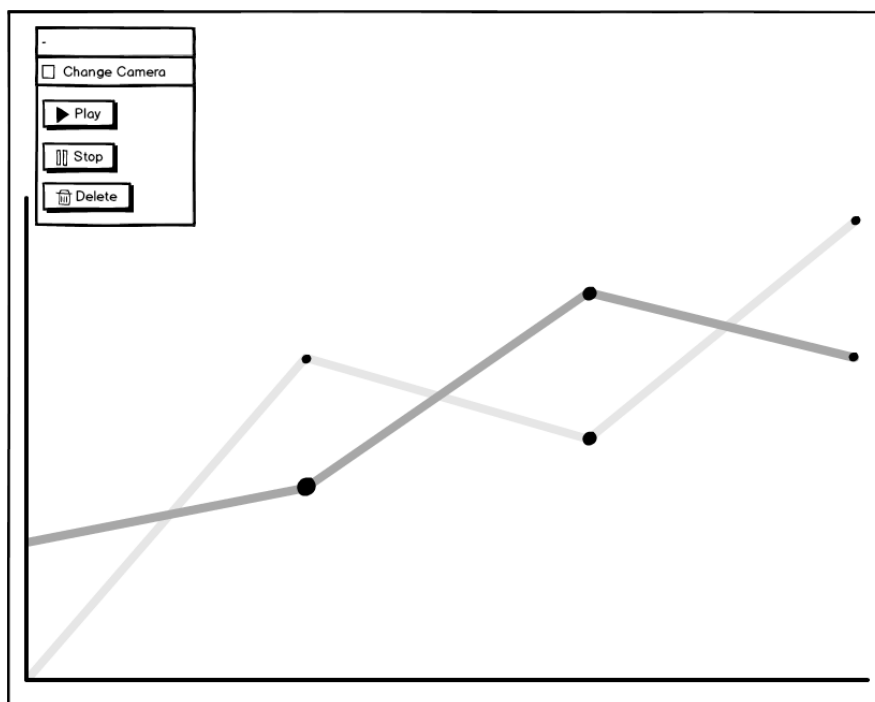


Figura 4.4: Protótipo de Baixa Fidelidade D

comportar a funcionalidade de atribuir um volume a cada evento sonoro. Assim o protótipo E é idêntico ao C, adicionando-se apenas do lado direito da tela uma barra vertical que permite ao utilizador regular o volume do evento sonoro pretendido.

Na sessão de avaliação dos protótipos de baixa fidelidade, também foi possível delinear alguns pormenores relativos à aparência visual da representação gráfica dos eventos sonoros. Assim definiu-se que a cada trajetória de um evento sonoro corresponderia uma cor, e que a seleção só funcionaria por eventos sonoros, ou seja, não seria possível selecionar trajetórias individualmente; ao clicar sobre uma trajetória, selecionar-se-ia também todas as trajetórias que fizessem parte do mesmo evento sonoro da trajetória sobre a qual se clicou primeiramente. Ficou ainda definido que inicialmente todos os eventos sonoros serão representados com a sua cor baça, e que só quando estes se encontrarem selecionados é que a sua cor aparecerá límpida e brilhante. Por último, decidiu-se que cada evento sonoro seria representado num plano diferente dos restantes.

Uma vez encontrado o protótipo de baixa fidelidade adequado para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, progrediu-se para a construção do respectivo protótipo de alta fidelidade. Apresentam-se de seguida várias figuras que ilustram a aparência final da *interface* desenvolvida. Em todas elas encontram-se representados três eventos sonoros, tendo cada um deles apenas uma trajetória.

A Figura 4.6 mostra a representação gráfica dos eventos sonoros a partir de uma posição frontal. A partir da figura é possível constatar que as cores da representação gráfica se encontram

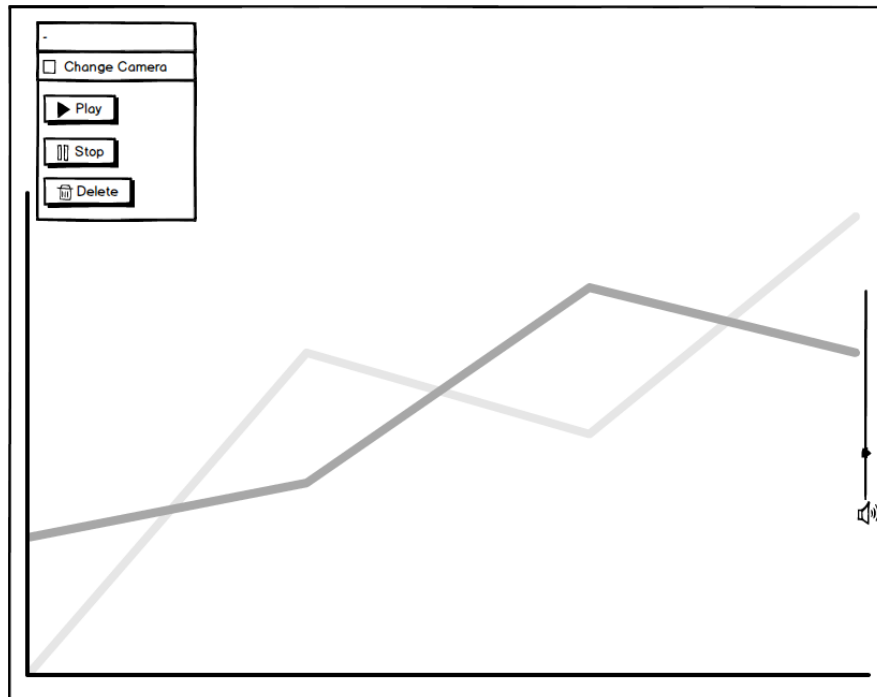


Figura 4.5: Protótipo de Baixa Fidelidade E

baças, o que significa que nenhum evento sonoro se encontra selecionado. Do lado esquerdo da tela encontra-se a janela de ações onde constam alguns elementos. Primeiramente informações relativas ao ponto sobre o qual nos encontramos, sendo estas seguidas de várias funcionalidades que o utilizador poderá executar, entre elas: *change camera*, *play*, *stop* e *delete selection*. A janela de ações não sofre qualquer tipo de alterações no decorrer da utilização do sistema.

A Figura 4.7 ilustra a representação gráfica dos eventos sonoros através de uma visão lateral direita. Nesta figura encontram-se selecionados todos os eventos sonoros.

Na Figura 4.8 a representação gráfica é visualizada a partir de uma visão lateral esquerda, e não se encontram selecionados quaisquer eventos sonoros.

Por último a Figura 4.9 ilustra a representação gráfica dos eventos sonoros a partir de uma vista de topo. Nesta figura apenas um evento sonoro se encontra selecionado.

4.6 Caraterísticas da Interação

Finalizados os protótipos de alta fidelidade, apresentam-se agora as indicações necessárias para se conseguir executar as funcionalidades da *interface*. Serão abordadas tanto a interação baseada em rato e teclado (GUI) como a interação baseada em *touch* (NUI).

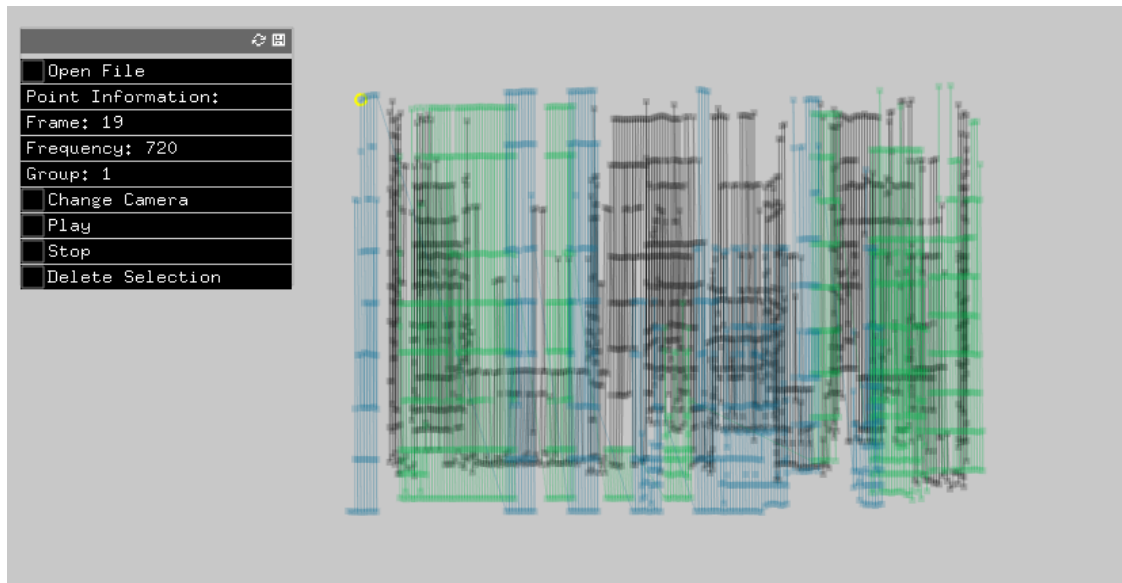


Figura 4.6: Protótipo de Alta Fidelidade da *Interface* (Vista Frontal)

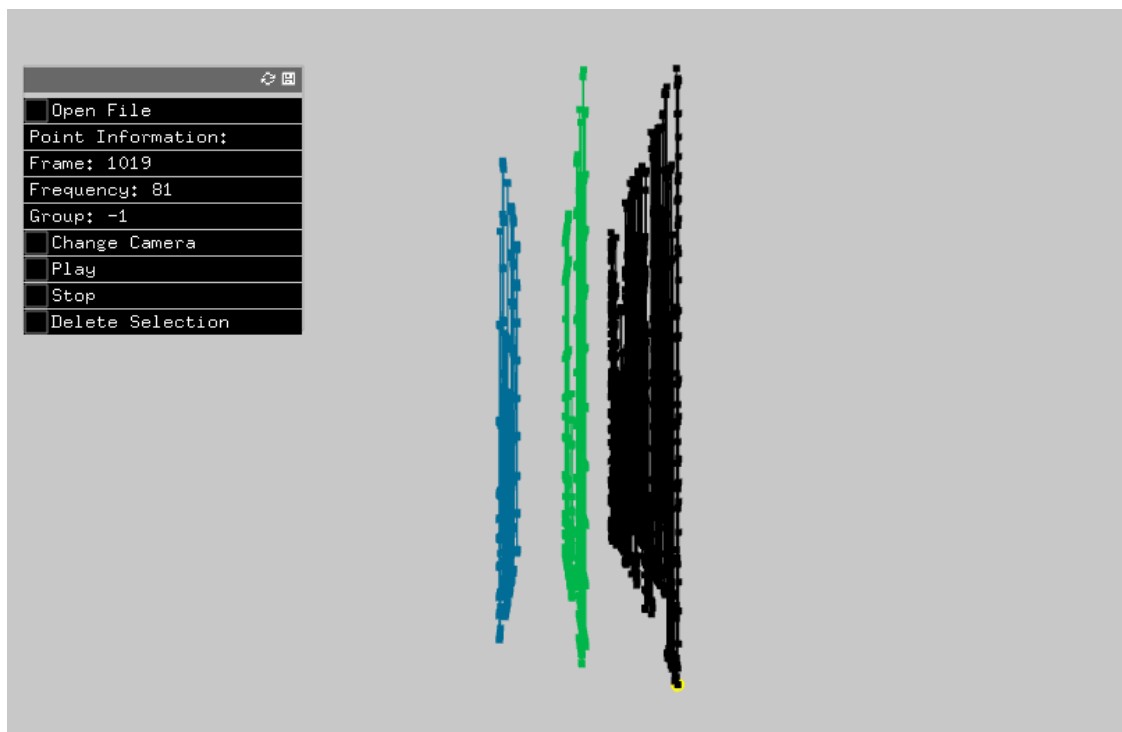


Figura 4.7: Protótipo de Alta Fidelidade da *Interface* (Vista Lateral Direita)

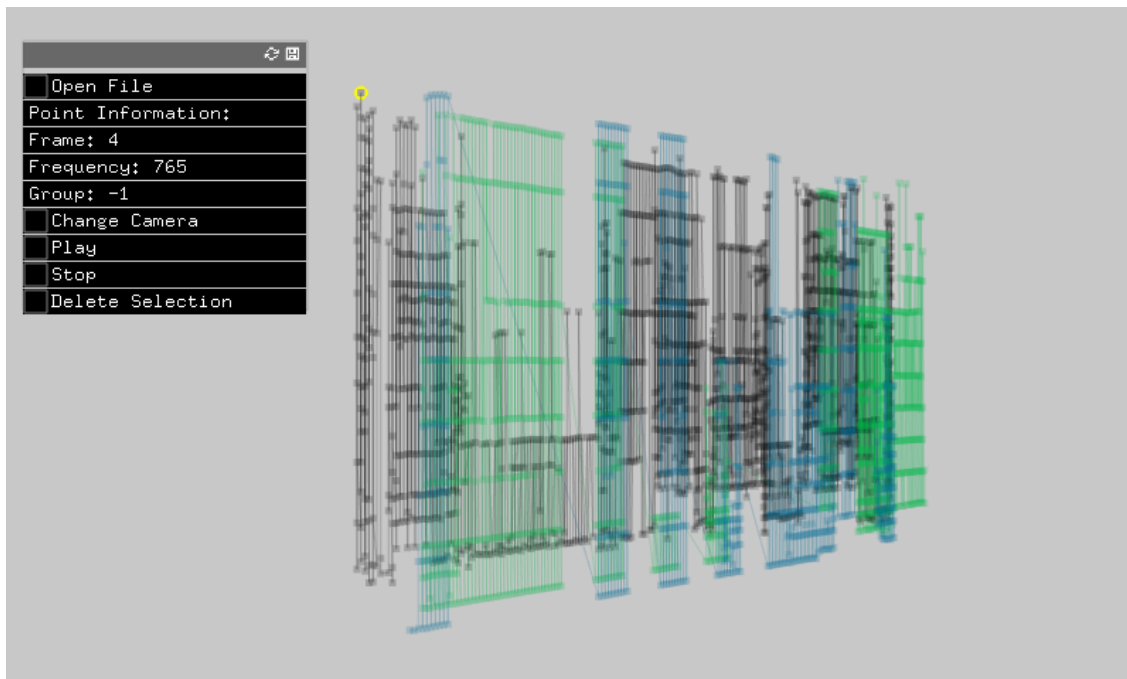


Figura 4.8: Protótipo de Alta Fidelidade da *Interface* (Vista Lateral Esquerda)

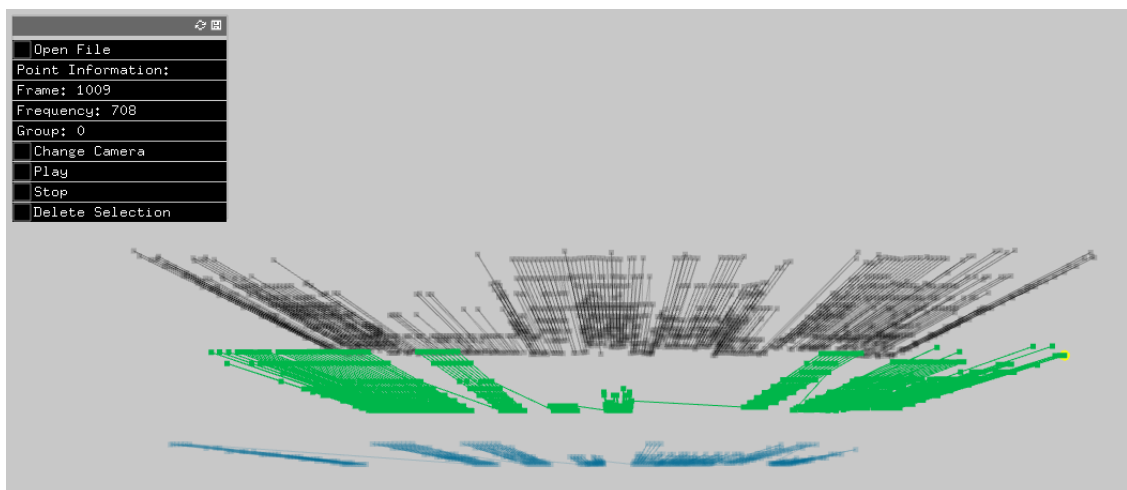


Figura 4.9: Protótipo de Alta Fidelidade da *Interface* (Vista Topo)

Visualização dos Eventos Sonoros através de Diferentes Perspetivas

A visualização da representação gráfica dos eventos sonoros através de diferentes perspetivas em GUI é possível através de duas formas:

1. Clique sobre a opção *change camera*, que se encontra na janela do canto superior esquerdo do ecrã. Existem três perspetivas possíveis, sendo estas obtidas por cliques sucessivos sobre esta opção.
2. Utilização dos botões das setas presentes no teclado.

A diferença entre estes dois tipos de camaras prende-se com o facto das primeiras realizarem alguns efeitos visuais enquanto se transita da posição de uma perspetiva para a outra.

Em *touch* esta funcionalidade realizar-se-á através da seleção (*tap*) da opção *change camera*.

Realizar Zoom In e Zoom Out

Em GUI para realizar *zoom in* e *zoom out* sobre a representação gráfica dos eventos sonoros, o utilizador terá de apenas de pressionar o botão direito do rato realizando ao mesmo tempo movimentos verticais com o mesmo.

Em *touch* esta funcionalidade executar-se-á através de um toque com dois dedos, aproximando e afastando os mesmo (*pinch*), consoante se pretende realizar *zoom in* ou *zoom out*, respetivamente.

Seleção de Eventos Sonoros

A seleção de eventos sonoros em GUI é possível através do clique com o botão esquerdo do rato sobre o evento sonoro pretendido. Se o utilizador realizar este procedimento sobre um evento sonoro que já se encontra selecionado, este fica desselecionado.

Em *touch* esta funcionalidade realizar-se-á de forma bastante parecida ao que foi descrito anteriormente. Bastaria ao utilizador realizar um toque (*tap*) sobre o evento sonoro pretendido, para selecionar ou desselecionar o mesmo.

Reprodução dos Eventos Sonoros Selecionados

A reprodução de eventos sonoros só é possível se pelo menos um destes estiver selecionado. Verificado este primeiro ponto, em GUI basta ao utilizador clicar sobre o botão *play*, que se encontra na janela do canto superior esquerdo do ecrã, para ouvir o som dos eventos sonoros que se encontram selecionados. O utilizador pode ainda clicar sobre o botão *stop* que se encontra na mesma janela, para parar a reprodução.

Em *touch* esta funcionalidade executar-se-á de uma forma semelhante ao exposto anteriormente. O utilizador teria simplesmente de selecionar (*tap*) as opções *play* e *stop*.

Eliminação da Seleção de Eventos Sonoros Existente

Em GUI para eliminar uma seleção de eventos sonoros existentes basta ao utilizador clicar sobre o botão *delete selection* que se encontra na janela do canto superior esquerdo do ecrã.

Em *touch* esta funcionalidade realizar-se-á de forma muito semelhante ao anteriormente referido. O utilizador teria apenas de seleccionar (*tap*) a opção *delete selection*.

Colocação de um Evento Sonoro noutro Plano

Em GUI para colocar um evento sonoro num plano diferente ao que este encontra, basta ao utilizador clicar sobre o mesmo e arrastá-lo até ao plano que pretender. Como consequência, os planos dos restantes eventos sonoros poderão sofrer alterações.

Em *touch* esta funcionalidade realizar-se-á seleccionando durante algum tempo o evento sonoro pretendido (*tap & hold*), e posteriormente arrastá-lo (*drag*) até à posição desejada.

Atribuição de um Volume a cada Evento Sonoro

Em GUI para atribuir um volume diferente a cada evento sonoro o utilizador terá de realizar um duplo clique (*double-click*) sobre o evento sonoro pretendido, e posteriormente aparecerá do lado direito da tela uma barra vertical para que possa regular o volume desse evento sonoro.

Em *touch* esta funcionalidade realizar-se-á seleccionando durante algum tempo o evento sonoro pretendido (*tap & hold*), e posteriormente regulando, na barra vertical que aparecerá do lado direito da tela, o volume do evento sonoro respetivo.

Para que melhor se compreenda as diferenças entre a interação proporcionada através de GUI e de *touch*, apresenta-se a Tabela 4.2, que de uma forma resumida indica as ações que são necessárias realizar em ambos os casos para cada uma das funcionalidades apresentadas.

4.7 Resumo

No capítulo que aqui se encerra foram abordadas as várias etapas relativas ao processo de desenvolvimento da *interface* para o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

Foram caracterizados os utilizadores escolhidos para esta fase de desenvolvimento, e junto deles recolhidas todas as informações relativas ao sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, assim como elicitados os requisitos e as funcionalidades desejadas para a *interface*.

Neste capítulo foram ainda descritas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da *interface*, assim como todo o processo de construção e avaliação dos protótipos de baixa fidelidade.

Tabela 4.2: Resumo das Interações GUI e *Touch*

Funcionalidade	GUI	Touch
Visualização dos Eventos Sonoros através de Diferentes Perspetivas.	- Clicar com o rato sobre a opção <i>change camera</i> . - Utilizar os botões das setas do teclado.	- <i>Tap</i> sobre <i>change camera</i> .
Realizar <i>zoom in</i> e <i>zoom out</i> .	- Pressionar botão direito do rato, movimentando-o verticalmente.	- <i>Pinch</i> .
Seleção de Eventos Sonoros.	- Utilizar o botão esquerdo do rato.	- <i>Tap</i> sobre evento sonoro.
Reprodução de Eventos Sonoros Seleccionados.	- Clicar com o rato sobre as opções <i>play</i> e <i>stop</i> .	- <i>Tap</i> sobre <i>play</i> e <i>stop</i> .
Eliminação da Seleção de Eventos Sonoros Existente.	- Clicar com o rato sobre a opção <i>delete selection</i> .	- <i>Tap</i> sobre <i>delete selection</i> .
Colocação de um Evento Sonoro noutra Plano.	- Seleccionar e arrastar evento sonoro.	- <i>Tap & hold</i> sobre evento sonoro seguido de um <i>drag</i> .
Atribuição de um Volume a cada Evento Sonoro.	- <i>Double-click</i> sobre evento sonoro, indicando posteriormente na barra vertical o volume pretendido.	- <i>Tap & hold</i> sobre evento sonoro, indicando posteriormente na barra vertical o volume pretendido.

Por último foi apresentado o protótipo de alta fidelidade e detalhada a forma como os utilizadores interagem com a *interface*.

Capítulo 5

Avaliação e Discussão dos Resultados

Projetar *interfaces* de utilizador é algo desafiador, e a sua aceitação depende fundamentalmente da experiência e intuição dos *designers*. Como resultado, não é incomum que uma aplicação não preencha os requisitos do utilizador e mostre falhas graves em termos de usabilidade.

Normalmente os processos de *design* tentam aumentar a usabilidade de forma iterativa, repetindo múltiplos ciclos de *design* e de testes, nos quais os *designers* observam a interação entre os utilizadores e o protótipo da aplicação, a fim de entenderem melhor as suas necessidades.

Nas secções seguintes apresenta-se uma caracterização dos utilizadores selecionados para realizar a avaliação do protótipo de alta fidelidade, assim como uma descrição de como esta fase se processou.

5.1 Caracterização dos Utilizadores

Uma das principais preocupações quando se realizam testes de usabilidade é avaliar o número de utilizadores que são precisos para obter os resultados necessários. Avaliando o contexto deste projeto considerou-se que a questão não deveria ser "quantos utilizadores conseguimos ter", mas sim "quantos utilizadores devemos ter" para conseguir testar com fiabilidade a *interface* em questão. Assim, para este projeto foram realizados testes com 8 pessoas, número considerado suficiente para fornecer o *feedback* necessário ao desenvolvimento desta *interface* [Dix11] [Nie00].

Os utilizadores escolhidos caracterizam-se por serem pessoas com formação académica e/ou experiência profissional na área musical, lidando por isso com música diariamente.

5.2 Testes

Uma vez finalizada a construção dos protótipos de alta fidelidade, prossegue-se para uma importante etapa do processo de desenvolvimento: avaliação da solução desenvolvida. Esta avaliação

é realizada com o principal objetivo de apurar a usabilidade do produto desenvolvido. A usabilidade é um fator de avaliação determinante e é composta por vários atributos. “São eles:

- Capacidade de aprender: o quão o sistema é fácil de aprender;
- Eficiência: rapidez com que os utilizadores completam as suas tarefas;
- Memorização: o quão o sistema é fácil de lembrar;
- Controle dos erros: inclui prevenção e recuperação de erros;
- Satisfação: o quanto os utilizadores gostam do sistema” [RH03].

A avaliação de protótipos de alta fidelidade realizou-se com recurso a testes de usabilidade. Para a realização destes testes recorreu-se ao conjunto de utilizadores definido anteriormente (Secção 5.1) e às técnicas de estudos empíricos (Secção 3.2.3) e observação natural (Secção 3.2.4). Estas técnicas foram utilizadas com o objetivo de perceber e detetar eventuais obstáculos à utilização do sistema. Para tal foi dado aos participantes um conjunto de tarefas a realizar, e durante o teste de usabilidade foram tomadas notas acerca da dificuldade que demonstravam para completá-las, tempo que demoravam a fazê-las, erros que cometiam, etc.

O protótipo de alta fidelidade submetido a estes testes de usabilidade não contempla as duas funcionalidades consideradas de menor prioridade: colocação de um evento sonoro noutra plano e atribuição de um volume a cada evento sonoro. Isto porque se deu preferência às funcionalidades consideradas mais relevantes e por isso com uma prioridade maior em relação a estas duas.

5.3 Resultados

Os testes de usabilidade realizaram-se segundo um protocolo pré-estabelecido (Anexo B), e com a participação de 8 pessoas. Nos pontos seguintes descrevem-se os resultados obtidos.

Selecionar Diferentes Eventos Sonoros

A primeira tarefa que foi pedida aos participantes para fazerem foi selecionar diferentes eventos sonoros. Todos os participantes foram capazes de realizar esta tarefa de forma rápida e sem dificuldade.

Desselecionar Eventos Sonoros

Encontrando-se diferentes eventos sonoros selecionados, pediu-se aos participantes que desselecionassem alguns dos eventos sonoros que tinham selecionado. Tal como na tarefa anterior, todos os participantes foram capazes de executar o que lhe foi pedido com sucesso.

Reproduzir Eventos Sonoros Selecionados

A reprodução de eventos sonoros era a tarefa que se seguia. Após um olhar mais cuidadoso sobre todos os elementos que compunham a tela da *interface*, todos os participantes conseguiram

colocar em reprodução os sons associados aos eventos sonoros que tinham selecionado.

Parar a Reprodução de Eventos Sonoros

Enquanto a reprodução dos eventos sonoros decorria, pediu-se aos participantes que parassem essa mesma reprodução. Todos foram capazes de efetuar esta tarefa com sucesso.

Visualizar a Representação Gráfica dos Eventos Sonoros Noutras Perspetivas

Visualizar a representação gráfica dos eventos através de outras perspetivas era a tarefa seguinte. Neste caso os participantes associaram facilmente esta tarefa à opção *change camera*. Contudo alguns deles só carregavam uma vez na opção, ou seja, para estes, não era à primeira vista perceptível que esta opção poderia ser clicada várias vezes, obtendo-se com isso diferentes perspetivas.

Nenhum dos participantes conseguiu constatar que as setas do teclado também tinham câmaras associadas, e que com isso permitiam visualizar a representação gráfica através de outros ângulos.

Realizar Zoom In e Zoom Out

Realizar *zoom in* e *zoom out* foi a tarefa que se constatou ser a mais difícil para os participantes, isto porque não tinha sido dada qualquer tipo de informação de como se realizavam as várias tarefas, e porque não se encontrava descrito em nenhum local da tela nada alusivo ao *zoom in* e *zoom out*.

Quando os participantes constatarem estas evidências começaram a explorar os botões do rato. Após algumas tentativas todos conseguiram descobrir como é que esta tarefa se realizava.

Eliminar a Seleção de Eventos Sonoros Existente

Por último, foi pedido aos participantes que eliminassem a seleção de eventos sonoros existente. Esta tarefa foi rápida e facilmente realizada por todos os participantes.

Apresenta-se de seguida a Tabela 5.1 na qual se sintetizam os resultados obtidos nos testes de usabilidade, e se indicam ações corretivas para superar as dificuldades verificadas nas diferentes tarefas realizadas, com o objetivo de melhorar a usabilidade da *interface*.

Finalizado o teste de usabilidade foi ainda pedido aos participantes que respondessem a um breve questionário (Anexo B). O principal intuito era obter *feedback* sobre a experiência de utilização.

Efetuando uma análise às respostas recolhidas através dos questionários e do *feedback* que os participantes deram durante a realização do teste de usabilidade, pode-se constatar que estes gostaram da *interface*, considerando-a intuitiva e de fácil utilização. Metade dos participantes considerou fácil a execução das tarefas, enquanto os restantes 50% consideraram normal o grau de dificuldade da realização das mesmas.

Tabela 5.1: Resultados Obtidos

Tarefa	Resultado	Ação Corretiva
Selecionar Diferentes Eventos Sonoros.	- Concluída com sucesso.	- N/A.
Desseleccionar Eventos Sonoros.	- Concluída com sucesso.	- N/A.
Reproduzir Eventos Sonoros Selecionados.	- Concluída com sucesso.	- N/A.
Parar a Reprodução de Eventos Sonoros.	- Concluída com sucesso.	- N/A.
Visualizar a Representação Gráfica dos Eventos Sonoros noutras Perspetivas.	- Parcialmente concluída.	- Colocar todas as câmaras associadas à opção <i>change camera</i> da janela de ações. - Atribuir um outro <i>design</i> à opção <i>change camera</i> .
Realizar <i>zoom in</i> e <i>zoom out</i> .	- Concluída com sucesso.	- Incluir opção de ajuda.
Eliminar a Seleção de Eventos Sonoros Existente.	- Concluída com sucesso.	- N/A.

Todos os participantes conseguiram concluir as tarefas pedidas. Apenas a tarefa “Visualizar a Representação Gráfica dos Eventos Sonoros noutras Perspetivas” não foi concluída na sua plenitude. Isto porque os participantes não associaram às setas do teclado a existência de outras câmaras, e porque a opção *change camera* que figura na janela de ações não foi clara o suficiente para alguns dos participantes, que julgavam que esta opção só poderia ser clicada uma vez. Para estes participantes não era explícito que esta opção poderia e deveria ser pressionada enumeras vezes. Por isso sugeriram que fosse dado um outro *design* a esta opção, para que fosse evidente que esta poderia ser acionada várias vezes seguidas.

A tarefa “Realizar *zoom in* e *zoom out*” revelou-se a mais difícil para os participantes, pelo facto de não existir nenhuma referência na tela de como esta tarefa se realizava. Por este motivo considera-se que seria útil adicionar à *interface* uma opção de ajuda, que permitisse aos utilizadores esclarecer as suas dúvidas. Esta nova funcionalidade abrangeria não só a realização de *zoom in* e *zoom out*, como também todas as tarefas disponibilizadas por esta *interface*.

Todos os participantes gostaram da experiência, sendo que 5/8 classificaram com nota 4 a *interface*, numa escala de 1 a 5, onde 1 representa o mínimo e 5 o máximo.

5.4 Resumo

Neste capítulo foi abordada a avaliação realizada ao protótipo de alta fidelidade desenvolvido para a *interface* do sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

Caraterizaram-se os participantes e definiu-se um protocolo para o teste de usabilidade, descrevendo-se ainda a forma como todo o processo decorreu. Apresenta-se também uma descrição dos resultados obtidos nos testes realizados.

Avaliação e Discussão dos Resultados

Por último efetua-se uma análise aos resultados dos questionários efetuados aos participantes do teste de usabilidade, assim como ao *feedback* obtido durante a realização do mesmo.

Avaliação e Discussão dos Resultados

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Graças aos avanços tecnológicos é cada vez mais possível utilizar a tecnologia em prol da sociedade. Contudo, tem-se verificado que os sofisticados sistemas hoje existentes possuem um elevado nível de funcionalidades e de precisão. Tal facto provoca um acréscimo de dificuldade ao utilizador do sistema, pois o aumento da complexidade do mesmo torna mais difícil uma manipulação eficaz. Por esta razão, ainda existem pessoas que demonstram dificuldade e alguma relutância em embarcar num mundo cada vez mais digital, e do qual poderiam retirar imensos benefícios. Assim torna-se necessário projetar sistemas que atendam às necessidades e características da população em geral, considerando sempre as suas capacidades e limitações.

6.1 Conclusões

Atualmente é proporcionado a todos a possibilidade de utilizar e interagir com tecnologia, sendo esta apresentada através de diversos formatos. Encontramo-nos hoje numa sociedade em que a evolução tecnológica é constante e onde somos continuamente confrontados com inovação. “A inovação acontece quando os *designers* procuram expor de forma direta todo o contexto dos utilizadores e as suas variações subtis e semelhanças acidentais” [Wi107]. Os projetos mais inovadores são aqueles que são criados por *designers* quando impulsionados por clientes, por forma a resolver um problema real dos utilizadores [Wi107].

Infelizmente nem sempre estas inovações conseguem alcançar o sucesso esperado, e este facto deve-se essencialmente à pouca atenção dada à *interface* do utilizador. Aquando do desenvolvimento do produto, a ênfase e o foco são dados ao sistema e não às pessoas que vão ser o utilizador final. Assim, e como resultado inevitável, a maioria dos sistemas de *software* são difíceis de usar [Cos01].

Desta forma, é essencial que os *designers* entendam os utilizadores, saibam quem são, o que fazem, como e porque é que eles realizam as suas tarefas, assim como conheçam os contextos em que estes trabalham [RH03].

Neste contexto surgiu a disciplina de Interação Pessoa – Computador. Esta preocupa-se com o “*design*, avaliação e implementação de sistemas computacionais interactivos para o uso humano” [RH03]. E isto porque se acredita que o “utilizador adquire todo o conhecimento do sistema a partir da sua imagem” [Nor98].

Para esta disciplina a usabilidade de uma aplicação é algo determinante. Existem "dois fatores centrais para a construção de usabilidade em aplicações: são *design* de interação e testes de usabilidade. Ambas as práticas procuram garantir que a experiência do utilizador com o *software* é compatível com as suas expectativas; que o uso do *software* é intuitivo; e que não há nenhum obstáculo desnecessário à conclusão de uma transação " [RH03]. “A usabilidade tornou-se o padrão de definição para a qualidade do *software*” [RH03].

Esta dissertação teve o objetivo de projetar, desenvolver e avaliar uma *interface* para um sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais, *interface* essa interativa, intuitiva, e de fácil utilização, que permite manipular os eventos sonoros identificados pelo sistema.

A *interface* desenvolvida cumpriu todas as etapas do processo de *design* de uma aplicação, mais concretamente análise ao contexto do projeto, elicitação de requisitos, produção de protótipos de baixa fidelidade, construção do protótipo de alta fidelidade e por último avaliação da solução proposta.

Após uma extensa pesquisa sobre os tipos *interfaces* de utilizador, metodologias, e público alvo deste sistema, foi possível estabelecer requisitos e definir funcionalidades para a *interface* do sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais. Identificadas estas características, começou-se por desenvolver os protótipos de baixa fidelidade, realizando-se durante esta etapa uma série de conversas formais e informais com os utilizadores escolhidos para esta fase de desenvolvimento, por forma a avaliar o conhecimento e aceitação dos mesmos a todo o desenrolar deste processo.

Utilizando todo o *feedback* recolhido através da avaliação dos protótipos de baixa fidelidade, partiu-se para a construção do protótipo de alta fidelidade.

Por último, foram realizados testes a partir da solução apresentada, com o intuito de identificar problemas de usabilidade que não tivessem sido detetados anteriormente.

A realização destes testes revelou-se fundamental para receber *feedback* da *interface* a partir de pessoas externas ao projeto de investigação em que se insere esta dissertação.

Ter a oportunidade de trabalhar com público alvo do sistema, permitiu obter os meios necessários para projetar e implementar a *interface* pretendida, indo esta de encontro às necessidades e expectativas dos seus utilizadores.

6.2 Trabalho Futuro

Considerando a solução apresentada, várias melhorias podem ser desenvolvidas futuramente, com o objetivo de enriquecer a *interface* do sistema. Neste sentido, considera-se que deve ser dada

Conclusões e Trabalho Futuro

preferência às funcionalidades de prioridade inferior, visto não ter sido possível desenvolvê-las no tempo útil desta dissertação.

Outro ponto a considerar como melhoria são as ações corretivas identificadas na Secção 5.3.

Uma melhoria que pode também ser tida em consideração é a integração do *marsyas* e do *openFrameworks* numa só aplicação.

Por último, pode-se ainda melhorar a solução apresentada evoluindo-se para uma *Tangible* ou *Natural User Interface*.

Conclusões e Trabalho Futuro

Referências

- [AK05] Miguel Bruns Alonso e David V. Keyson. Musiccube: Making digital music tangible. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '05, pages 1176–1179, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [App13] Apple. GarageBand'11. Disponível em <http://www.apple.com/pt/ilife/garageband/>, 2013. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [BFH⁺07] Alan F. Blackwell, George Fitzmaurice, Lars Erik Holmquist, Hiroshi Ishii e Brygg Ullmer. Tangible User Interfaces in Context and Theory. In *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI '07*, pages 2817–2820. ACM Press, 2007.
- [Car97] John M Carroll. Human-Computer Interaction: Psychology as a Science of Design. *Annual Review of Psychology*, 48:61–83, January 1997.
- [Cos01] Maria Francesca Costabile. Usability in the Software Life Cycle. In *Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering, Volume 1 Fundamentals.*, number 0. World Scientific Publishing, 2001.
- [DFAB04] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D Abowd e Russell Beale. *Human-Computer Interaction*. Pearson/Prentice Hall, 3rd edition, 2004.
- [Dix11] Alan Dix. Are Five Users Enough? Disponível em <http://alandix.com/blog/2011/06/04/are-five-users-enough/>, 2011.
- [Fol08] Jonathan Follett. Toward a More Human Interface Device: Integrating the Virtual and Physicale. Disponível em <http://tinyurl.com/bz24ljw>, 2008. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [GL85] John D Gould e Clayton Lewis. Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. *Communications of the ACM*, 28(3):300–311, March 1985.
- [HBC⁺96] Thomas Hewett, Ronald Baecker, Stuart Card, Tom Carey, Jean Gasen, Marilyn Mantel, Gary Perlman, Gary Strong e William Verplank. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. Disponível em <http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html>, 1996. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [HG13] Huds e Guis. Multi Touch DJ Light Table by GERGWERK. Disponível em <http://hudsandguis.com/2013/06/12/dj-light-table-by-gergwerk/>, 2013. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [HHN85] Edwin L. Hutchins, James D. Hollan e Donald A. Norman. Direct Manipulation Interfaces. *Human-Computer Interaction*, 1(4):311–338, December 1985.

REFERÊNCIAS

- [HTL08] Catherine Hu, Kinsun Tung e Lawrence Lau. Music Wall : A Tangible User Interface Using Tapping as an Interactive Technique. In *APCHI '08 Proceedings of the 8th Asia-Pacific Conference on Computer-Human Interaction*, pages 284–291. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [Ish08] Hiroshi Ishii. The Tangible User Interface and its Evolution. *Communications of the ACM*, 51(6):32–36, June 2008.
- [IU97] Hiroshi Ishii e Brygg Ullmer. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '97*, number March, pages 234–241. ACM Press, 1997.
- [JLW11] Jhilmil Jain, Arnie Lund e Dennis Wixon. The Future of Natural User Interfaces. In *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing*, pages 211–214, New York, New York, USA, 2011. ACM Press.
- [Kel84] J. F. Kelley. An Iterative Design Methodology for User-Friendly Natural Language Office Information Applications. *ACM Transactions on Information Systems*, 2(1):26–41, January 1984.
- [Kir12] Peter Kirn. With Just One Contact Mic, Any Surface Magically Becomes a Gestural Instrument. Disponível em <http://tinyurl.com/7b494r6>, 2012. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [KJGA06] Martin Kaltenbrunner, Sergi Jorda, Gunter Geiger e Marcos Alonso. The reactable*: A collaborative musical instrument. In *Proceedings of the 15th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE '06*, pages 406–411, Washington, DC, USA, 2006. IEEE Computer Society.
- [Kyn91] Morten Kyng. Designing for Cooperation: Cooperating in Design. *Communications of the ACM*, 34(12):65–73, December 1991.
- [Liu10] Weiyuan Liu. Natural user interface - next mainstream product user interface. In *Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design (CAIDCD), 2010 IEEE 11th International Conference on*, volume 1, pages 203–205, 2010.
- [Mac96] Linda A. Macaulay. *Requirements Engineering*. Springer, 1996.
- [Mar] Marsyas. Marsyas. Disponível em <http://marsyas.info/>. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.
- [MLT11] Luís Gustavo Martins, Mathieu Lagrange e George Tzanetakis. Modeling Grouping Cues for Auditory Scene Analysis Using a Spectral Clustering Formulation. In *Machine Audition : Principles , Algorithms and Systems*. Information Science Reference, 2011.
- [Nie00] Jakob Nielsen. Why You Only Need to Test with 5 Users. Disponível em <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>, 2000.
- [Nor98] Donald Norman. *The Design of Everyday Things*. MIT Press, 1st edition, 1998.
- [ope] openFrameworks. openFrameworks. Disponível em <http://www.openframeworks.cc/>. Online, acessado a última vez em Janeiro de 2014.

REFERÊNCIAS

- [Ore07] Oren, Michael. Shiny Happy Users, Chapter Assumptions : Can't Live With Them, Can't Live Without Them. Disponível em <http://ia600401.us.archive.org/8/items/ShinyHappyUsers/ShinyHappyUsers.pdf>, 2007. Online, acedido a última vez em Janeiro de 2014.
- [PRS07] Jennifer Preece, Yvonne Rogers e Helen Sharp. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons, 2007.
- [Rea13] Reactable. Reactable Experience. Disponível em <http://www.reactable.com/products/experience/>, 2013. Online, acedido a última vez em Janeiro de 2014.
- [Ret94] Marc Rettig. Prototyping for Tiny Fingers. *Communications of the ACM*, 37(4):21–27, April 1994.
- [RFMP05] Wendy A. Rogers, Arthur D. Fisk, Anne Collins McLaughlin e Richard Pak. Touch a Screen or Turn a Knob: Choosing the Best Device for the Job. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 47(2):271–288, April 2005.
- [RH03] Evelyn P. Rozanski e Anne R. Haake. The Many Facets of HCI. In *Proceeding of the 4th Conference on Information Technology Education - CITC '03*, pages 180–185, New York, New York, USA, 2003. ACM Press.
- [RSI96] Jim Rudd, Ken Stern e Scott Isensee. Low vs. High-Fidelity Prototyping Debate. *Interactions*, 3(1):76–85, January 1996.
- [Sny03] Carolyn Snyder. *Paper Prototyping: The Fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces*, volume 2003. Morgan Kaufmann, 2003.
- [SV08] Bert Schiettecatte e Jean Vanderdonckt. AudioCubes: a Distributed Cube Tangible Interface based on Interaction Range for Sound Design. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction - TEI '08*, pages 3–10, New York, New York, USA, 2008. ACM Press.
- [SWMJ10] Steven C. Seow, Dennis Wixon, Ann Morrison e Giulio Jacucci. Natural user interfaces. In *Proceedings of the 28th of the International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '10*, pages 4453–4456, New York, USA, 2010. ACM Press.
- [Vic04] Kim Vicente. *The Human Factor: Revolutionizing the Way People Live With Technology*. Routledge, 2004.
- [VK02] Maria Virvou e Katerina Kabassi. Reasoning About Users' Actions in a Graphical User Interface. *Human-Computer Interaction*, 17(4):369–398, December 2002.
- [Wil07] Valerie Williams. Shiny Happy Users, Chapter "Letting Users Take The Lead". Disponível em <http://ia600401.us.archive.org/8/items/ShinyHappyUsers/ShinyHappyUsers.pdf>, 2007. Online, acedido a última vez em Janeiro de 2014.
- [XAM08] Lesley Xie, Alissa N. Antle e Nima Motamedi. Are Tangibles More Fun? In *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction - TEI '08*, pages 191–198, New York, New York, USA, 2008. ACM Press.

REFERÊNCIAS

Anexo A

Entrevista

Este anexo contém a entrevista realizada às pessoas que se encontram envolvidas no projeto de investigação em que se insere o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais.

1. Em que contexto se insere o sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais?

O sistema de análise e segregação de eventos sonoros em sinais musicais encontra-se inserido num projeto de investigação intitulado “*A Computational Auditory Scene Analysis Framework for Sound Segregation in Music Signals*” (PTDC/EIA-CCO/111050/2009) do Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes (CITAR), da Universidade Católica Portuguesa (UCP), sendo este financiado por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

2. Em que consiste o sistema de segregação de eventos sonoros em sinais musicais?

Este sistema de segregação é capaz de identificar os diferentes eventos sonoros existentes num sinal musical, extraíndo a informação áudio de cada um desses eventos. Os eventos sonoros identificados podem estar relacionados com diferentes fontes sonoras ou diferentes funcionalidades (melodia, acompanhamento, ritmo, etc.). Existem duas abordagens possíveis para a construção deste tipo de sistemas:

- Recurso a um banco de dados com informação musical em áudio e metadados; procedimento útil quando se pretende realizar comparações e reconhecimento de padrões entre os dados.
- Utilização de uma abordagem paramétrica/procedimental, que deteta características áudio.

Para este projeto foi seguida uma abordagem paramétrica/procedimental: *Computational Auditory Scene Analysis* (CASA). Esta abordagem é inspirada no conhecimento atual dos ouvintes, e na forma como estes percecionam eventos sonoros em sinais musicais, sejam eles

notas musicais, texturas harmónicas, contornos melódicos, instrumentos, etc. Foi utilizada este tipo de abordagem neste projeto por se considerar que é mais coesa para um sistema que envolve a audição humana.

No que toca ao funcionamento deste sistema, este recebe um ficheiro áudio e extrai a partir dele os diferentes eventos sonoros identificados.

3. Quais os objetivos desse sistema?

O objetivo deste sistema é fornecer a possibilidade de manipular diferentes eventos sonoros presentes num sinal áudio, de forma independente tanto em representação temporal quanto espectral.

4. Qual o seu público alvo?

O público alvo deste sistema são todos aqueles que necessitam de uma ferramenta capaz de fazer o anteriormente descrito.

5. Que necessidades desse mesmo público alvo perspetivam colmatar com o desenvolvimento deste sistema?

Este sistema será útil em vários contextos, entre eles: remixagem, análise multimodal de carácter musicológico, reutilização de trechos e partes musicais, análise e deteção de padrões, desenvolvimento de modelos do sistema auditivo humano, etc.

6. Quais os requisitos do sistema?

Os requisitos identificados para a conceção desta *interface* são os seguintes:

- Usabilidade: a *interface* deve ser o mais simples possível, possuindo apenas a informação necessária. Os seus elementos devem ser posicionados de forma consistente entre todos os ecrãs e devem ser claramente visíveis. Imagens ou ícones descritivos também podem ser utilizados em adição ao texto, como forma de melhor expressar a informação que está a ser transmitida. A *interface* de ser *clean*, ergonómica, intuitiva e orgânica.
- Desempenho: a *interface* deve correr rápido e sem atrasos. Quando uma operação é conhecida por envolver um consumo considerável de tempo, o utilizador deve ser avisado. Além disso, as operações demoradas devem ser em número reduzido e distantes entre si. Para evitar tais situações, as operações devem ser otimizadas de modo a executarem rapidamente, fazendo apenas uso dos recursos indispensáveis.
- Robustez: o sistema deve ser robusto e não deve parar abruptamente, devendo correr com um *frame rate* constante e eficiente. Este ponto é particularmente importante, pois os utilizadores podem perder o interesse no sistema, se este não funcionar corretamente.

7. Que funcionalidades pretendem que a *interface* disponibilize aos seus utilizadores?

- Representar os diferentes eventos sonoros segregados pela aplicação;
- Visualizar os eventos sonoros através de diferentes perspetivas;
- Realizar *zoom in* e *zoom out*;
- Selecionar os eventos sonoros;
- Reproduzir os eventos sonoros selecionados;
- Eliminar a seleção de eventos sonoros existente;
- Arrastar um evento sonoro para primeiro plano;
- Atribuir um volume a cada evento sonoro.

As duas últimas funcionalidades consideram-se menos prioritárias que as restantes.

Entrevista

Anexo B

Teste de Usabilidade

Neste anexo apresenta-se o teste de usabilidade realizado para avaliar a *interface* desenvolvida.

B.1 Objetivos

- Compreender se os participantes são capazes de entender o significado da informação contida na janela que permite a realização de ações.
- Identificar as tarefas que os participantes conseguem realizar.
- Identificar as dificuldades sentidas pelos participantes.
- Compreender se as funcionalidades da *interface* são as necessárias e/ou suficientes.
- Avaliar se os procedimentos necessários à execução das tarefas são claros e intuitivos.
- Avaliar se a disposição e o tamanho dos elementos no ecrã é apropriado.
- Avaliar a usabilidade geral da *interface*.
- Reconhecer potenciais melhorias.
- Compreender se os participantes gostaram da *interface*.

B.2 Protocolo

B.2.1 Introdução

"Olá, o meu nome é Ana Luísa e desenvolvi uma *interface* para um Sistema de Análise e Segregação de Eventos Sonoros em Sinais Musicais.

A *interface* desenvolvida caracteriza-se por representar graficamente diferentes eventos sonoros constituintes de um sinal musical. Considera-se evento sonoro um agrupamento percetual de sons realizado pelo sistema auditivo humano, sendo este agrupamento baseado em critérios de similaridade, proximidade harmónica e espacial, entre outros.

Apresenta-se aqui essa mesma *interface*, e gostaria que realiza-se algumas tarefas nela para que eu compreenda se esta se adequa ao seu público alvo. Não se preocupe se não conseguir concluir uma tarefa. Apenas se pretende avaliar a *interface* e não o participante. Se por algum motivo quiser desistir do teste de usabilidade, e se tiver alguma dúvida ou precisar de alguma ajuda, por favor, sinta-se à vontade para me comunicar isso mesmo."

B.2.2 Procedimento de Teste

1. Selecione diferentes eventos sonoros.
2. Deselecione eventos sonoros que estejam selecionados.
3. Reproduza os eventos sonoros que se encontram selecionados.
4. Pare a reprodução dos eventos sonoros, enquanto esta decorre.
5. Visualize a representação gráfica dos eventos sonoros a partir de outras perspetivas.
6. Realize *zoom in* e *zoom out*.
7. Elimine a seleção de eventos sonoros realizada.

B.2.3 Questionário

1. Gostou da *interface*?
Sim / Não
2. Considera a *interface* intuitiva e de fácil utilização?
Sim / Não
3. Que grau de dificuldade atribui à realização das tarefas?
Muito Fácil / Fácil / Normal / Difícil / Muito Difícil
4. Considera as funcionalidades existentes na *interface* adequadas?
Sim / Não
5. Alteraria a disposição dos elementos no ecrã?
Sim / Não
6. Classifique esta *interface* entre 1 e 5, sendo 1 a nota mínima e 5 a máxima.

B.2.4 Resultados

Apresentam-se na Tabela B.1 as respostas obtidas nos questionários realizados aos participantes do teste de usabilidade.

Tabela B.1: Resultados do Questionário

Sexo	Idade	1	2	3	4	5	6
Masculino	31	Sim	Sim	Normal	Sim	Não	4
Feminino	29	Sim	Sim	Fácil	Sim	Não	3
Masculino	28	Sim	Sim	Normal	Sim	Não	4
Masculino	40	Sim	Sim	Normal	Sim	Não	3
Feminino	23	Sim	Sim	Fácil	Sim	Não	4
Masculino	35	Sim	Sim	Fácil	Sim	Não	4
Masculino	54	Sim	Sim	Normal	Sim	Não	3
Feminino	23	Sim	Sim	Fácil	Sim	Não	4

B.2.5 Factos

- Todos os participantes concluíram as tarefas.
- Todos os participantes afirmaram que gostaram da *interface*.
- 50% dos participantes consideram que é fácil realizar as tarefas na *interface*.
- 5/8 dos participantes atribuíram nota 4 à *interface*.

B.2.6 Conclusão

Em relação à realização das tarefas conclui-se que a *interface* é de fácil utilização, pois todos os participantes conseguiram efetuar as tarefas definidas. Todos os participantes gostaram da experiência.

Além disso, observou-se durante os testes que a opção *change camera* não é suficientemente clara para alguns utilizadores.