



# **O SOM DOS DADOS**

## **SONIFICAÇÃO MUSICAL DA EPOPEIA PORTUGUESA**

Dissertação de Mestrado em Design e Multimédia  
Ângela Alves Coelho

Orientação: Amílcar Cardoso e Pedro Martins



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
2015/2016



# **O SOM DOS DADOS**

## **SONIFICAÇÃO MUSICAL DA EPOPEIA PORTUGUESA**

Dissertação de Mestrado em Design e Multimédia  
Ângela Alves Coelho (aacoelho@student.dei.uc.pt)

Orientador: Amílcar Cardoso  
Co-Orientador: Pedro Martins  
Arguente: Fernando Penousal Machado  
Vogal: António Olaio



## **RESUMO**

A Sonificação é um campo recente que tem vindo a ganhar importância nos últimos anos com o desenvolvimento tecnológico a nível da geração e manipulação de som. Esta área pode ser considerada o equivalente auditivo da Visualização de Informação e tem real importância em casos onde o conjunto de dados é demasiado extenso e complexo de ser visualizado graficamente.

Esta dissertação pretende explorar este campo, as temáticas que lhe são complementares (som, percepção auditiva, visualização de informação) e desenvolver um projecto de sonificação na área da Literatura, que mapeie a informação da obra *Os Lusíadas* de Luís de Camões em características sonoras, criando uma nova forma de leitura do poema épico.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Design de Informação, Design de Som, Dispositivo Auditivo, *Lusíadas*, Processo Sonoro, Representação de Dados, Sonificação, Sonificação Musical.



## **ABSTRACT**

Sonification is a new field, which has gained importance in the last few years due to the technological development in the areas of sound synthesis and manipulation. This area can be seen as the auditory counterpart of Information Visualization and it has real meaning when the data is too ample and complex to be seen graphically.

This dissertation intends to explore this topic and its complementary fields (sound, auditory perception, information visualization) and develop a project of sonification in the area of Literature, that maps the information of the epic poem *The Lusiads* by Luís de Camões into sounds, creating a new way of reading this poem.

## **KEYWORDS**

Information Design, Sound Design, Auditory Display, Lusiads, Sonification Process, Data Representation, Sonification, Musical Sonification.



## AGRADECIMENTOS

A toda a minha família, pela compreensão nos momentos em que estive ausente. Em especial aos meus pais, pelo incentivo e investimento na minha educação e crescimento e pelos conselhos de vida que nem sempre sigo. À minha irmã, pela paciência em aturar as minhas frustrações e irritações e tentar sempre (a maioria das vezes sem sucesso) tranquilizar-me.

Aos meus orientadores, Amílcar Cardoso e Pedro Martins, pela disponibilidade, entusiasmo e ajuda incansável, sem os quais não teria sido possível desenvolver esta dissertação.

Aos restantes professores da Faculdade de Ciências e Tecnologia e da Faculdade de Letras que me deram conselhos e novas perspectivas sobre o trabalho.

A todos os participantes nos testes de usabilidade que perderam um pouco das suas férias de Verão para me ajudar.

Aos colegas de curso, com quem partilhei ideias, dúvidas e reflexões e que sempre estiveram disponíveis quando precisei de ajuda.

A todos os meus amigos, que se mostraram sempre disponíveis para me ouvir. Em especial à Andreia, Diana M. e Mariana que, mesmo sem serem da área, ouviram-me como se compreendessem o que estava a falar. Ao Sérgio, Diana F. e Nena, pelos cafés, conversas e desabafos, que muito ajudaram durante este último ano. Ao Neves que, mesmo longe, esteve sempre presente.

A todas as pessoas que durante este período se cruzaram no meu caminho e que de uma maneira ou de outra me ajudaram e aconselharam sem esperar nada em troca.



## ÍNDICE

Resumo	III
Abstract	V
Agradecimentos	VII
I Lista de Tabelas	XIII
II Lista de Figuras	XV
III Lista de Sons	XIX
IV Lista de Vídeos	XXI
V Glossário	XXIII
1 Introdução	1
Motivação	3
Enquadramento	3
Âmbito	4
Declaração de Investigação	4
Objectivos	5
Metodologias	5
Contributos Esperados	6
Estrutura do Documento	6
2 Estado da Arte	9
2.1 O Som	11
2.1.1 O Som e as suas Características	12
2.1.2 Importância do Som no Design	12
2.2 Percepção Auditiva	15
2.3 Visualização de Informação	17
2.4 Sonificação	19
2.4.1 Definição de Sonificação	20
2.4.2 Marcos Históricos	21
2.4.3 Aplicação da Sonificação	29
2.4.4 Técnicas de Sonificação	30
Audificação	31
Ícones Auditivos	32
Earcons	32
Mapeamento de Parâmetros	33
Sonificação Baseada em Modelo	34
2.4.5 Sonificação e Emoção	34
2.4.6 Tecnologias de Sonificação	36
2.4.7 Desafios	37

2.5	Trabalhos Relacionados	41
2.5.1	The Climate Symphony	41
2.5.2	Sonificação de Poesia Clássica Chinesa	43
2.5.3	Hard Data	44
2.5.4	Quotidian Record	47
2.5.5	Living Symphonies	49
2.5.6	Vanishing	52
2.5.7	Listen to Wikipedia	53
2.5.8	Sonic Particles 2.0	54
2.5.9	Typatone	55
2.5.10	Poetry on the Road	56
2.6	Análise do Estado da Arte	59
3	Abordagem Metodológica	63
	Objectivos	65
	Processo	66
	Problemas a Resolver	68
	Resultados	69
	Planeamento de Tarefas	70
4	Sonificação d'Os <i>Lusíadas</i>	73
4.1	Os <i>Lusíadas</i>	75
4.1.1	Contexto Histórico-temporal	76
4.1.2	Características da Obra	76
4.1.3	Referências	79
	Armazenamento Relacional de Texto	80
	Top 10 word posters for <i>Os Lusíadas</i>	80
4.2	Conjunto de Dados	83
4.2.1	Base de Dados Relacional	85
4.3	Explorações Preliminares	89
4.3.1	Primeiro Protótipo	89
4.3.2	Segundo Protótipo	89
4.4	Funcionalidades Gerais	91
4.4.1	Zooms	91
	Zoom 0	92
	Zoom 1	93
	Zoom 2	95
4.4.2	Reprodução	96
4.4.3	Navegação	96
4.4.4	Filtros	97

4.4.5	Visualização	98
	Referências	99
4.4.6	Legenda	101
4.5	Tecnologias	103
4.6	Sonificação Proposta	107
4.6.1	Esquema Rimático	107
4.6.2	Narradores	108
4.6.3	Planos Narrativos	110
	Frequência dos Planos Narrativos	112
	Presença dos Planos Narrativos	112
4.6.4	Subdivisões	113
	Subnarrativas	114
	Episódios	116
	Emoções	119
4.6.5	Profecias	121
5	Avaliação do Projecto	123
5.1	Testes de Usabilidade	125
5.1.1	Utilizadores	125
5.1.2	Tarefas Rápidas	126
5.1.3	Questões de Análise	130
5.1.4	Avaliação Global	135
5.2	Alterações Efectuadas	137
6	Reflexão	141
	Resultados Obtidos	143
	Dificuldades Encontradas	145
	Perspectivas Futuras	146
7	Conclusão	149
	Bibliografia	155
	Apêndice	167
	A Características do Som	169
	B Divisão detalhada da obra <i>Os Lusíadas</i>	177
	C Guião do Teste de Usabilidade	185
	D Resultados dos Testes de Usabilidade	193
	E Cronologia d' <i>Os Lusíadas</i>	199



## I LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação entre características sonoras, parâmetros musicais e percepção auditiva.

12



## II LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do processo de sonificação.	20
Figura 2: Cartaz do filme <i>Apocalypse Now</i> .	22
Figura 3: Imagem do filme <i>Apocalypse Now</i> .	23
Figura 4: Imagem do filme <i>The Birds</i> de Alfred Hitchcock.	23
Figura 5: Imagem do filme <i>Eraserhead</i> de David Lynch.	23
Figura 6: Excerto da partitura de <i>Illiad Suite</i> .	24
Figura 7: Um dos primeiros estotoscópios de Laennec.	25
Figura 8: Contador Geiger de 1932.	26
Figura 9: Excerto da partitura de <i>Pedro e o Lobo</i> .	27
Figura 10: Lançamento da nave <i>Voyager 2</i> , 1977.	28
Figura 11: Ilustração a óleo da chegada do <i>Voyager 2</i> a Saturno, Donald Davis.	28
Figura 12: Cúpula do projecto GISP2 na Gronelândia.	41
Figura 13: Excerto da partitura musical do <i>Climate Symphony</i> .	42
Figura 14: Dois dos poemas usados no projecto <i>Text-to-Music</i> .	44
Figura 15: Imagem do <i>website Hard Data</i> num dia específico.	45
Figura 16: Excerto da partitura de I. Men.	46
Figura 17: Capa do vinil <i>Quotidian Record</i> .	47
Figura 18: Contracapa do vinil <i>Quotidian Record</i> .	47
Figura 19: Vinil criado com a composição musical <i>Quotidian Record</i> .	48
Figura 20: Folha de apresentação da instalação <i>Living Symphonies</i> .	49
Figura 21: Mapa da localização da instalação <i>Living Symphonies</i> .	49
Figura 22: Instalação <i>Living Symphonies</i> na floresta de Cannock Chase.	50
Figura 23: <i>Flyer</i> da instalação <i>Living Symphonies</i> .	51
Figura 24: <i>Screenshot</i> do vídeo do projecto <i>Vanishing</i> .	52
Figura 25: <i>Screenshot</i> da aplicação <i>Listen to Wikipedia</i> .	53
Figura 26: <i>Screenshot</i> da aplicação <i>Sonic Particles 2.0</i> .	54
Figura 27: <i>Screenshot</i> da aplicação <i>Typatone</i> .	55
Figura 28: Cartaz de <i>Poetry on the Road</i> de 2013.	56
Figura 29: Cartaz de <i>Poetry on the Road</i> de 2006.	56
Figura 30: Aplicação da identidade de 2006 de <i>Poetry on the Road</i> .	57
Figura 31: Padrão criado para a identidade de 2012 de <i>Poetry on the Road</i> .	57
Figura 32: Esquema elucidativo do processo seguido.	66
Figura 33: Abordagem implementada no desenvolvimento da aplicação.	67
Figura 34: Cronograma do planeamento de tarefas original.	70
Figura 35: Cronograma do planeamento de tarefas final.	70
Figura 36: Capa de uma das primeiras edições d' <i>Os Lusíadas</i> .	75
Figura 37: Estrutura geral do poema <i>Os Lusíadas</i> .	77
Figura 38: Esquema rimático d' <i>Os Lusíadas</i> .	78
Figura 39: Cartazes das palavras “Forte” e “Reino” n' <i>Os Lusíadas</i> .	81

Figura 40: Esquema original dos dados para exploração.	83
Figura 41: Esquema final dos dados explorados.	84
Figura 42: Áreas de sonificação principais.	85
Figura 43: Modelo ER da Base de Dados.	86
Figura 44: Gráfico representativo das características sonificadas no primeiro protótipo.	90
Figura 45: Gráfico representativo das características sonificadas no segundo protótipo.	90
Figura 46: Diferentes níveis de <i>zoom</i> .	91
Figura 47: Aplicação no <i>zoom 0</i> .	92
Figura 48: Informação sonificada no <i>zoom 0</i> .	92
Figura 49: Aplicação no <i>zoom 1</i> com o Canto VI seleccionado.	93
Figura 50: Informação sonificada no <i>zoom 1</i> .	94
Figura 51: Aplicação no <i>zoom 2</i> com o episódio Tempestade Marítima seleccionado.	95
Figura 52: Informação sonificada no <i>zoom 2</i> .	95
Figura 53: Aplicação a reproduzir a subnarrativa Regresso a Portugal.	96
Figura 54: Aplicação com o filtro dos narradores desligado.	97
Figura 55: <i>Screenshot</i> da aplicação na reprodução do episódio Batalha de Ourique.	98
Figura 56: <i>Screenshot</i> do <i>open title</i> de <i>Mozart in the Jungle</i> .	99
Figura 57: <i>Screenshot</i> do website <i>Patatap</i> .	99
Figura 58: Imagem do <i>Optical Poem</i> de Oskar Fischinger.	100
Figura 59: Capas dos livros <i>Don't Tell Alfred</i> e <i>The Blessing</i> de Nancy Mitford.	100
Figura 60: Notação gráfica para <i>Fontana Mix</i> de John Cage.	100
Figura 61: <i>Screenshot</i> da aplicação na reprodução do episódio Inês de Castro.	101
Figura 62: Tecnologias usadas no desenvolvimento da aplicação.	103
Figura 63: Estrutura harmónica da sonificação.	107
Figura 64: Tipos de narrador.	108
Figura 65: Estrutura da melodia dos narradores.	109
Figura 66: Mapeamento dos tipos de narrador.	109
Figura 67: <i>Screenshot</i> da componente visual dos narradores no episódio Adeuses em Belém.	110
Figura 68: Planos narrativos.	111
Figura 69: Mapeamento dos planos narrativos.	111
Figura 70: <i>Screenshot</i> da componente visual dos planos narrativos no <i>zoom 0</i> .	112
Figura 71: <i>Screenshot</i> da componente visual dos planos narrativos no episódio Calecute (III).	113
Figura 72: Tipos de subdivisão.	113
Figura 73: Grupos subnarrativos.	114
Figura 74: Mapeamento dos grupos subnarrativos.	114
Figura 75: <i>Screenshot</i> da componente visual das subnarrativas.	115
Figura 76: Tipos de episódio.	116

Figura 77: Mapeamento dos tipos de episódio.	117
Figura 78: <i>Screenshot</i> da componente visual dos episódios na subnarrativa Viagem Belém – Melinde.	119
Figura 79: Escala de emoções.	119
Figura 80: Mapeamento das emoções.	120
Figura 81: <i>Screenshot</i> da componente visual das emoções no episódio Batalha do Salado.	121
Figura 82: <i>Screenshot</i> da componente visual da profecia no episódio Sonho Profético.	122
Figura 83: Familiaridade com a obra <i>Os Lusíadas</i> .	128
Figura 84: Percentagem de tarefas correctamente executadas do grupo 2.	128
Figura 85: Tempo de execução de tarefas do grupo 2.	128
Figura 86: Grau de dificuldade de tarefas do grupo 2.	129
Figura 87: Grau de concordância das afirmações do grupo 2.	129
Figura 88: Percentagem de respostas correctas do grupo 3.	133
Figura 89: Número de reproduções efectuadas em cada tarefa do grupo 3.	133
Figura 90: Grau de concordância das afirmações do grupo 3.	134
Figura 91: Grau de concordância das afirmações do grupo 4.	136
Figura 92: <i>Screenshot</i> da aplicação com a legenda inicial.	137
Figura 93: <i>Screenshot</i> da aplicação com a legenda final.	138
Figura 94: Configuração inicial da profecia.	138
Figura 95: Configuração final da profecia.	139
Figura 96: Quatro sons de diferentes frequências.	171
Figura 97: Dois sons de diferentes amplitudes.	172
Figura 98: Onda sinusoidal.	173
Figura 99: Diagrama de contornos de igual intensidade (ISO 226:2003).	175



### III LISTA DE SONS

Som 1: Amostra da composição musical criada para o <i>Climate Symphony</i> . <a href="http://www.drssl.com/tour/music/Track07.mp3">http://www.drssl.com/tour/music/Track07.mp3</a>	42
Som 2: Excerto do ficheiro sonoro de I. Men. <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/1.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/1.mp3</a>	46
Som 3: Excerto do ficheiro sonoro de II. Children. <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/2.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/2.mp3</a>	46
Som 4: Excerto do ficheiro sonoro de III. Soldiers . <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/3.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/3.mp3</a>	46
Som 5: Excerto do ficheiro sonoro de IV. Refugees. <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/4.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/4.mp3</a>	46
Som 6: Excerto do ficheiro sonoro de V. Women. <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/5.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/5.mp3</a>	46
Som 7: Excerto do ficheiro sonoro de VI. Missing. <a href="http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/6.mp3">http://sites.bxmc.poly.edu/~lukedubois/harddata/assets/6.mp3</a>	46
Som 8: Excerto da gravação do <i>Quotidian Records</i> . <a href="https://soundcloud.com/brianhouse/quotidian-record-excerpt">https://soundcloud.com/brianhouse/quotidian-record-excerpt</a>	48
Som 9: Excerto da sonificação do Rio de Janeiro. <a href="https://soundcloud.com/kasper-skov/sonification-excerpt-4-rio-de?in=kasper-skov/sets/sonic-particles-20-excerpts">https://soundcloud.com/kasper-skov/sonification-excerpt-4-rio-de?in=kasper-skov/sets/sonic-particles-20-excerpts</a>	55
Som 10: Resultado sonoro do primeiro protótipo. <a href="https://soundcloud.com/ngela-coelho-438647153/lusiadas-prototipo">https://soundcloud.com/ngela-coelho-438647153/lusiadas-prototipo</a> Anexo CD	90
Som 11: Resultado sonoro do segundo protótipo. <a href="https://soundcloud.com/ngela-coelho-438647153/sonification-lusiadas">https://soundcloud.com/ngela-coelho-438647153/sonification-lusiadas</a> Anexo CD	90
Som 12: Som associado à Dedicatória. <a href="https://www.dropbox.com/s/j7rx1piopf2li8y/008.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/j7rx1piopf2li8y/008.wav?dl=0</a> Anexo CD	115
Som 13: Som associado à Viagem. <a href="https://soundcloud.com/luftrum-1/saltbaek-strand-handheld-blimp-sound-devices-702-dpa-4060?in=luftrum-1/sets/field-recordings-1">https://soundcloud.com/luftrum-1/saltbaek-strand-handheld-blimp-sound-devices-702-dpa-4060?in=luftrum-1/sets/field-recordings-1</a> Anexo CD	115
Som 14: Som associado à História. <a href="https://www.dropbox.com/s/tnf134rnooy67y2/D%C3%B3%26Sol_Guitarra.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/tnf134rnooy67y2/D%C3%B3%26Sol_Guitarra.wav?dl=0</a> Anexo CD	115

Som 15: Som associado ao Fantástico.	118
<a href="http://www.freesound.org/people/anankalisto/sounds/139050/">http://www.freesound.org/people/anankalisto/sounds/139050/</a>	
Anexo CD	
Som 16: Som associado à Geografia (África).	118
<a href="https://www.freesound.org/people/dobroide/sounds/136576/">https://www.freesound.org/people/dobroide/sounds/136576/</a>	
Anexo CD	
Som 17: Som associado à Geografia (Índia).	118
<a href="https://www.freesound.org/people/sankalp/sounds/155274/">https://www.freesound.org/people/sankalp/sounds/155274/</a>	
Anexo CD	
Som 18: Som associado à Opinião.	118
<a href="https://www.dropbox.com/s/fy1dwzofqpfdp9c/312.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/fy1dwzofqpfdp9c/312.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	
Som 19: Som associado ao Reinado.	118
<a href="https://www.youtube.com/watch?v=NkDoMxNY_Bw">https://www.youtube.com/watch?v=NkDoMxNY_Bw</a>	
Anexo CD	
Som 20: Som associado ao Bélico.	118
<a href="https://www.freesound.org/people/pfranzen/sounds/192072/">https://www.freesound.org/people/pfranzen/sounds/192072/</a>	
Anexo CD	
Som 21: Som associado ao Lírico.	118
<a href="https://www.dropbox.com/s/4sumestsq8el1if/034.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/4sumestsq8el1if/034.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	
Som 22: Som associado ao Naturalista.	118
<a href="http://www.soundjay.com/nature/sounds/hurricane-01.mp3">http://www.soundjay.com/nature/sounds/hurricane-01.mp3</a>	
Anexo CD	
Som 23: Som associado à Cólera.	120
<a href="https://www.dropbox.com/s/c3bci12qyff2imh/138.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/c3bci12qyff2imh/138.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	
Som 24: Som associado à Inquietação.	120
<a href="https://www.dropbox.com/s/dcqcoaiifqs19kyu/096.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/dcqcoaiifqs19kyu/096.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	
Som 25: Som associado à Serenidade.	120
<a href="https://www.dropbox.com/s/8oanwjg2qkxt96a/024.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/8oanwjg2qkxt96a/024.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	
Som 26: Som associado à Paixão.	120
<a href="https://www.dropbox.com/s/cjeio3kfdbppa4d/181.wav?dl=0">https://www.dropbox.com/s/cjeio3kfdbppa4d/181.wav?dl=0</a>	
Anexo CD	

#### IV LISTA DE VÍDEOS

Vídeo 1: Registo do funcionamento do vinil. <a href="https://vimeo.com/48919422">https://vimeo.com/48919422</a>	48
Vídeo 2: Vídeo documental de <i>Living Symphonies</i> . <a href="https://vimeo.com/111858776">https://vimeo.com/111858776</a>	51
Vídeo 3: Demonstração do projecto <i>Vanishing</i> . <a href="https://vimeo.com/101524505">https://vimeo.com/101524505</a>	52
Vídeo 4: Apresentação e demonstração do projecto <i>Sonic Particles 2.0</i> . <a href="https://vimeo.com/124521318">https://vimeo.com/124521318</a>	55
Vídeo 5: Apresentação do projecto <i>Typatone</i> . <a href="https://www.youtube.com/watch?v=XWfjqxEvVI">https://www.youtube.com/watch?v=XWfjqxEvVI</a>	55
Vídeo 6: Reprodução da sonificação d' <i>Os Lusíadas</i> na íntegra. <a href="https://vimeo.com/180120006">https://vimeo.com/180120006</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	93
Vídeo 7: Reprodução da sonificação da subnarrativa Viagem Melinde – Calecute. <a href="https://vimeo.com/180120012">https://vimeo.com/180120012</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	94
Vídeo 8: Reprodução da sonificação do episódio Adamastor. <a href="https://vimeo.com/180120007">https://vimeo.com/180120007</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	95
Vídeo 9: Demonstração da navegação na aplicação. <a href="https://vimeo.com/180120002">https://vimeo.com/180120002</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	96
Vídeo 10: Demonstração da utilização dos filtros. <a href="https://vimeo.com/180120000">https://vimeo.com/180120000</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	97
Vídeo 11: <i>Open titles</i> de <i>Mozart in the Jungle</i> . <a href="https://vimeo.com/149442778">https://vimeo.com/149442778</a>	99
Vídeo 12: Apresentação do projecto <i>Patatap</i> . <a href="https://vimeo.com/95057507">https://vimeo.com/95057507</a>	99
Vídeo 13: <i>Optical Poem</i> de Oskar Fischinger, 1938. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=they7m6YePo">https://www.youtube.com/watch?v=they7m6YePo</a>	100
Vídeo 14: Reprodução da sonificação dos narradores do episódio Adeuses em Belém. <a href="https://vimeo.com/180120001">https://vimeo.com/180120001</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	110
Vídeo 15: Reprodução de um excerto da sonificação dos planos narrativos do poema. <a href="https://vimeo.com/180120003">https://vimeo.com/180120003</a> (Password: lusiadas) Anexo CD	112

Vídeo 16: Reprodução da sonificação dos planos narrativos do episódio Calecute (III).	113
<a href="https://vimeo.com/180120009">https://vimeo.com/180120009</a> (Password: lusiadas)	
Anexo CD	
Vídeo 17: Reprodução da sonificação das subnarrativas do poema.	115
<a href="https://vimeo.com/180120010">https://vimeo.com/180120010</a> (Password: lusiadas)	
Anexo CD	
Vídeo 18: Reprodução da sonificação dos episódios da subnarrativa Viagem Belém – Melinde.	118
<a href="https://vimeo.com/180119998">https://vimeo.com/180119998</a> (Password: lusiadas)	
Anexo CD	
Vídeo 19: Reprodução da sonificação das emoções do episódio Batalha do Salado.	121
<a href="https://vimeo.com/180119997">https://vimeo.com/180119997</a> (Password: lusiadas)	
Anexo CD	
Vídeo 20: Reprodução da sonificação da profecia do episódio Sonho Profético.	121
<a href="https://vimeo.com/180120008">https://vimeo.com/180120008</a> (Password: lusiadas)	
Anexo CD	

## V GLOSSÁRIO

**Analepse:** Na Literatura refere-se à narração de eventos ocorridos anteriormente em relação a eventos já narrados ("Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico", 2003-2006).

**Antropocentrismo:** Doutrina que considera o homem a figura principal e o centro do universo ("Grande Dicionário da Língua Portuguesa", 1991).

**Feudalismo:** Sistema político e económico que caracterizou a sociedade durante a maior parte da Idade Média; resultava do enfraquecimento do poder central e unia autoridade e propriedade de terra, levando a uma relação de dependência entre vassallos e suseranos ("Grande Dicionário da Língua Portuguesa", 1991).

**Metáfora da secretária:** Metáfora de interface gráfica de computador, que se baseia nas características de uma secretária de trabalho e as implementa na interface computacional, de forma a facilitar o seu uso por parte do utilizador ("Desktop Metaphor", 2013).

**MIDI:** Abreviação de *Musical Instrument Digital Interface*. Protocolo, criado em 1984, que permite o controlo sonoro através de mensagens básicas, possibilitando a passagem de informação entre instrumentos musicais e computadores (Kramer et al., 2010).

**Panning:** Colocação e/ou movimentação do som dentro de um ambiente espacial sonoro definido por dois ou mais canais de som (Cipriani & Giri, 2013).

**Prolepse:** Na Literatura refere-se à antecipação, no discurso narrativo, de um evento acontecido mais tarde no plano da história (opõe-se à analepse) ("Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico", 2003-2006).

**Psicoacústica:** Disciplina que estuda as relações entre as características físicas do som e a sensação auditiva provocada (Lorenzi, 2013).

**Reverberação:** Persistência de um som depois de ser produzido, causado pelas múltiplas reflexões do som dentro de um espaço fechado ("Dictionary.com Unabridged", n.d.).

**Renascimento:** Época da revolução literária, científica e artística, com início na Itália nos meados do séc. XVI e desenvolvida na Europa nos sécs. XV e XVI, especialmente sob a influência da cultura antiga então em voga ("Grande Dicionário da Língua Portuguesa", 1991).



# **1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo inicial pretende-se introduzir o tema de que será alvo esta dissertação, focando-se nas motivações, áreas abordadas, objectivos, contributos pretendidos e metodologias que serão seguidas ao longo deste trabalho.



## MOTIVAÇÃO

Um dos principais motivos que levou à escolha e desenvolvimento desta dissertação – O Som dos Dados – foi o interesse crescente pela área do som durante os anos de estudo na licenciatura e mestrado em Design e Multimédia. A forma como o som pode ser usado no design e a sua frequente desvalorização em relação à parte visual, levou a que me interessasse por esta área e explorasse, embora em dimensões muito reduzidas, o impacto do som como elemento de design em alguns projectos de unidades curriculares.

Outro dos aspectos que motivaram a escolha deste projecto, aquando da apresentação das propostas de dissertação, foi o facto de pretender explorar algo para além do que foi abordado no curso de Design e Multimédia e que, ao mesmo tempo, me permitisse tirar partido do que foi aprendido nos dois ciclos de estudo. Uma área diferente e pouco desenvolvida, como é o caso da Sonificação. Para além disso, um dos meus grandes interesses desde cedo na área de Design e Multimédia foi o Design Computacional, a capacidade de usar a programação como forma de criação de design, fazendo, assim, sentido optar por uma dissertação onde pudesse desenvolver e melhorar as minhas capacidades nesta área.

A investigação e experimentação na área da Sonificação é, neste momento, relevante e oportuna devido, principalmente, à necessidade de compreender cada vez mais um maior número de dados, mais complexos e difíceis de quantificar e, ao aumento das capacidades tecnológicas na área do som (Kramer et al., 2010).

## ENQUADRAMENTO

Esta dissertação insere-se, como o nome indica, na área da Sonificação, que se pode considerar o equivalente auditivo da Visualização de Informação. Este campo consiste no uso de técnicas para mapear dados em elementos sonoros, ou seja, na geração de som de forma a facilitar e dar uma nova percepção da informação. A Sonificação explora comportamentos de dados, como repetições, fluxos ou variações, e representa-os num ambiente sonoro, onde altera o ritmo, altura, localização, timbre ou textura, para que seja detectado pelo ouvido humano e que este consiga compreender e analisar a informação apresentada. Esta área tem inúmeras aplicações: a nível científico, na leitura de grandes volumes de dados; tecnológico, como é o caso do uso de sons associados a interações humano-computador; e artístico, por exemplo na construção de instalações sonoras.

A Sonificação – e a sua exploração nesta dissertação – pode assim ser dividida em duas áreas principais: a representação de informação e a geração de som. A representação de informação é uma área com muitos anos de exploração e que hoje, com os meios computacionais, ganha cada vez mais formas e abordagens.

A geração de som é também uma área em voga, com as cada vez mais crescentes formas de produção musical e com o aumento do material disponível para a sua execução. Assim, este trabalho pretende usar o conhecimento e experiência na área da representação de informação e das técnicas de geração e manipulação de som e música já existentes, para a exploração de novas formas de expor e analisar processos complexos.

## ÂMBITO

O conteúdo e produtos realizados nesta dissertação têm na sua base duas áreas principais: a Sonificação e a Literatura.

No campo da Sonificação, através da exploração das técnicas mais usadas e da análise do seu sucesso em termos perceptuais, para a adaptação destes conhecimentos na realização do projecto. Não se pretende criar novas técnicas de sonificação, mas sim tirar o melhor partido das já existentes para criar um produto perceptível e informativo.

A outra área sobre a qual a tese se irá debruçar é a Literatura, mais propriamente, a obra poética *Os Lusíadas* de Luís de Camões, que é o conjunto de dados que será sonificado ao longo deste trabalho. À partida, não se pretende criar uma nova análise da maior obra camoniana, mas sim seguir os estudos feitos em inúmeros livros e manuais por variadíssimos autores e críticos, e construir uma nova interpretação e experiência da obra, usando o som como elemento representativo do que foi outrora escrito por Camões.

## DECLARAÇÃO DE INVESTIGAÇÃO

O meio mais comum de representação de informação é através da Visualização de Informação, área há muito estabelecida e tida como o método tradicional de representação de dados. É necessário, no decorrer desta dissertação, ter em conta os princípios da Visualização de Informação e adaptá-los à área da Sonificação para criar um sistema sonoro eficaz. Assim, pretende-se dar resposta à questão: é possível a criação de um sistema de sonificação que permita obter e compreender os dados de forma análoga à que a visualização de informação permite?

Por conseguinte, pretende-se criar, a partir da obra *Os Lusíadas*, uma sonificação que permita compreender: as divisões da obra, as suas características formais, os seus elementos constituintes e o fluxo e dinâmica da narrativa. Desta forma, o utilizador, tal como numa visualização de informação, pode compreender as características gerais do conjunto de dados, procurar e analisar em detalhe elementos mais específicos e retirar uma interpretação global da informação apresentada. A sonificação criada ao longo desta dissertação reflectirá a obra, não pretendendo ser uma análise extensiva desta, mas sim uma nova abordagem de leitura.

## OBJECTIVOS

De forma a realizar com sucesso o trabalho proposto, considera-se importante cumprir um conjunto de objectivos gerais:

- Compreender e ser capaz de desenvolver um processo de sonificação, o qual implica a escolha de um conjunto de dados e posterior análise.
- Aplicar as técnicas de sonificação adequadas à representação dos dados.
- Criar uma abordagem capaz de ser compreendida pelo utilizador.
- Utilizar as tecnologias mais adequadas.

## METODOLOGIAS

O projecto, de forma a atingir os objectivos propostos, envolveu numa primeira fase um estudo das duas áreas de interesse: a Sonificação, nomeadamente as técnicas existentes de extracção e mapeamento de informação; e *Os Lusíadas*, análise da obra, identificando diferentes formas de leitura e divisões. Esta fase inicial envolveu, também, uma aprendizagem sobre os recursos computacionais para manipulação de som/música e a sua exploração experimental, bem como a definição do conjunto de dados que serviu de base informativa para a criação do programa. Numa segunda fase, foi então concebida a aplicação informática propriamente dita, a partir dos dados recolhidos pela análise d'*Os Lusíadas*, o seu respectivo modelo de interacção, as alternativas de exploração do sistema e experiência da obra, com a subsequente implementação e avaliação do projecto.

## CONTRIBUTOS ESPERADOS

Esta dissertação pretende em primeiro lugar contribuir para uma reflexão crítica sobre o papel do som no Design e como forma de elemento informativo. Pretende, além disso, oferecer contributos nas áreas da Sonificação, do Design e da Literatura.

Na área da Sonificação, o trabalho pretende, a nível teórico, contribuir através do estudo deste campo para o levantamento do que é feito e dos desafios que esta área ainda enfrenta. A nível prático pretende contribuir com um projecto diferente e inovador em relação ao que tem vindo a ser apresentado neste tema. Pretende-se, ainda, demonstrar as capacidades perceptivas e as vantagens que a sonificação apresenta em relação aos outros meios de análise de informação.

Na área do Design, tenciona-se mostrar a importância do som como elemento de design e como este traz novas dimensões a esta área, dimensões estas que a parte visual não permite explorar.

Por fim, na área da Literatura, pretende-se contribuir com uma nova visão do poema *Os Lusíadas*, obra que tem sido exaustivamente analisada (sempre nos mesmos moldes de leitura) por teóricos e estudiosos, de forma a criar uma abordagem diferente de experienciar a obra.

## ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Com o intuito de explicitar da melhor forma todo o processo e objectivos inerentes a este estágio, este documento segue a seguinte estrutura:

### 2 Estado da Arte

Capítulo onde se procederá à recolha, análise e estudo da área da Sonificação, do seu significado, das principais contribuições neste campo, da sua importância e desafios que enfrenta. Esta análise contempla, também, a apresentação de alguns trabalhos relacionados que levantam aspectos relevantes para o projecto em desenvolvimento.

### 3 Abordagem Metodológica

Secção onde serão definidos os aspectos mais formais da dissertação, os seus objectivos e de que forma se pretende atingi-los. Explicita-se, ainda, os problemas que se pretendem solucionar com o desenvolvimento da dissertação e os contributos esperados nas respectivas áreas de foco. Por último, apresenta-se o plano de trabalhos seguido para cumprir os objectivos propostos.

#### 4 Sonificação d'Os *Lusíadas*

Capítulo que se focará no desenvolvimento do projecto de dissertação. Inicialmente, será feita uma introdução e contextualização da obra *Os Lusíadas* e de que forma este artefacto servirá de base de informação para a realização do projecto. Serão de seguida referidas algumas explorações preliminares. Por fim, serão apresentadas as funcionalidades da aplicação, as ferramentas usadas na sua construção e o mapeamento propriamente dito da informação.

#### 5 Avaliação do Projecto

Secção onde se abordará o teste e avaliação do sistema desenvolvido. Serão apresentados os resultados obtidos na aplicação dos testes de usabilidade e as alterações efectuadas de acordo com estes resultados.

#### 6 Reflexão

Divisão onde se discutirão os resultados obtidos no desenvolvimento da aplicação e de que forma estes vão ao encontro dos objectivos e contributos esperados.

#### 7 Conclusão

Capítulo final onde se faz uma descrição sumária do trabalho realizado, das dificuldades e perspectivas obtidas com a realização do trabalho.

Ao longo do documento serão referidos alguns conteúdos como sons e vídeos, os quais estarão identificados pelos seguintes ícones:  e , respectivamente, e que terão o seu correspondente *online* na Lista de Sons e Vídeos (p. XIX e XXI), para que seja possível consultar os materiais.

Encontram-se, ainda, no apêndice alguns materiais que poderão ser úteis consultar ao longo da dissertação. No CD em anexo estão, também, presentes alguns sons e vídeos referidos nas listas respectivas, a base de dados criada e os códigos desenvolvidos no âmbito do projecto.



## **2 ESTADO DA ARTE**

"Sonification is a key technology for a multimedia society, extending sound from its accompaniment role to that of information conveyance." (Barrass & Kramer, 1999, p. 29).

Neste capítulo serão apresentadas as investigações efectuadas no desenvolvimento desta dissertação no campo da Sonificação. Aprofundar-se-ão algumas das áreas subjacentes a este campo: o Som, a unidade elementar da Sonificação; a Percepção Auditiva e a Visualização de Informação. Será também feito um levantamento das características mais importantes da Sonificação, das suas aplicações e técnicas e de alguns marcos históricos com relevância. Por último, serão referidos alguns trabalhos efectuados na área da Sonificação ou da Visualização de Informação que têm importância para o desenvolvimento da aplicação proposta.



## 2.1 O Som

O som é um fenómeno extremamente complexo que pode ser descrito de inúmeras formas (Burk, Polansky, Repetto, Roberts, & Rockmore, 2005). No dia-a-dia estamos constantemente a classificar os sons à nossa volta sem nos apercebermos disso: o som “barulhento” das obras feitas na estrada, o “burburinho” das pessoas a falar no café, o som “intenso” do alarme que nos acorda pela manhã. Todos estes sons nos provocam uma reacção ou emoção imediata e inconsciente: o apito de um automóvel que nos faz recuar na passadeira, a música pesada de um filme que nos faz sentir abatidos ou o som de passos que nos avisa que alguém se aproxima.

O mundo que nos rodeia é cada vez mais povoado de objectos sonoros que tiram partido da nossa resposta sonora que sempre esteve presente (Meelberg & Özcan, 2014). O som tem assim a capacidade de, sozinho, sem a necessidade de um auxiliar gráfico ou de outro tipo, nos ajudar na nossa rotina de forma inconsciente e até influenciar o nosso estado mental (Meelberg & Özcan, 2014). É esta a importância do som que será abordada nas páginas seguintes.

No entanto, as classificações e julgamentos que fazemos ao falar sobre o som são, na sua maioria, pouco precisas e detalhadas do ponto de vista científico (Burk et al., 2005). O som é cientificamente um fenómeno que envolve essencialmente duas áreas, a física e a percepção, e pode ser descrito por três componentes (Burk et al., 2005): o movimento, o meio que transmite o resultado desse movimento e o ser que escuta o resultado desse movimento. O som é, então, o produto de um movimento que, ao propagar-se, causa variações de pressão no ar, às quais podemos chamar de ondas sonoras, que são aquilo que ouvimos (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013).

No final dos anos 50 do século XX, estas ondas sonoras (ou acústicas) foram representadas digitalmente pela primeira vez (Duarte, 2014). Esta representação, embora na época não tenha tido grande impacto, permitiu que nos dias de hoje fosse possível manipular som tão facilmente quanto um conjunto de dados (Burk et al., 2005). A síntese e composição de som através de um computador surge a partir daí, o que revolucionou tanto o mundo da música como da computação e é a este fenómeno que se deve o surgimento da Sonificação (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). Mas antes de abordarmos a Sonificação, é necessário compreender o que é o som e os seus vários componentes, analisar as suas características e importância enquanto sistema auditivo.

### 2.1.1 O SOM E AS SUAS CARACTERÍSTICAS

O som e as funções matemáticas não são assim tão diferentes, uma vez que o som pode ser descrito como uma função. O que ouvimos é na realidade uma sequência de eventos que ocorrem no nosso cérebro e que são iniciados pelas vibrações do tímpano, que surgem a partir do movimento das moléculas de ar provocado por fenómenos como: falar, tocar de uma campainha ou bater de um tambor (Burk et al., 2005). Porém, a forma como percebemos o som está relacionada com as suas características e é influenciada, principalmente, pelos seus três parâmetros básicos: a frequência, a amplitude e a onda (Cipriani & Giri, 2013).

Cada uma destas características físicas do som tem um correspondente musical e influencia sensações diferentes da percepção, relação apresentada na Tabela 1:

Tabela 1: Correlação entre características sonoras, parâmetros musicais e percepção auditiva (Bianchini, 2003 como citado em Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013, p. 8).

CARACTERÍSTICA SONORA	PARÂMETRO MUSICAL	SENSAÇÃO PERCEPTUAL
Frequência	Altura	Alto – Baixo
Amplitude	Intensidade	Forte – Suave
Onda	Timbre	Cor do som

Para uma consulta mais pormenorizada das várias características presentes na Tabela 1 pode-se consultar o apêndice: A Características do Som, página 169.

### 2.1.2 IMPORTÂNCIA DO SOM NO DESIGN

O som é continuamente posto em segundo plano, nunca sendo considerado capaz de, ao existir por si mesmo, comunicar e informar como os elementos visuais (Grupp, 2015a). As suas capacidades multidimensionais sobrepõem-se, a nível de possibilidades que oferecem, às variáveis de duas dimensões do espaço no campo visual (Grupp, 2015a; Krygier, 1994). Estas últimas, muitas vezes, não satisfazem as necessidades da visualização pretendida e pecam na representação de fenómenos complexos, dinâmicos e multivariáveis (Grupp, 2015a; Krygier, 1994). O som tem a capacidade de se transformar e adaptar às mais diversas situações: pode ser tão poderoso quanto uma bola de basquetebol a ser arremessada, ou tão subtil como um murmúrio de bebé (Grupp, 2015a).

No design, os olhos são o principal receptor e o som raramente é considerado (A. Walker, 2007). No entanto, o som é omnipresente e estimula a interação, pois o ser humano está programado para lhe responder: ao ouvir algo temos sempre a tendência de procurar a sua origem (Meelberg & Özcan, 2014).

Num momento onde a evolução tecnológica é notável e onde o novo *hardware* e *software* dão acesso à tridimensionalidade, ao tempo, à interactividade e ao som, é necessário olhar para o passado (Grupp, 2015b; Krygier, 1994). Devemos lembrar, por exemplo, o primeiro filme a usar diálogo falado – *The Jazz Singer* – em 1927 (Grupp, 2015b), ou os filmes e anúncios que usavam o som para reforçar o *storytelling* e não apenas como elemento acessório e substituível (Grupp, 2015b). É preciso compreender o que levou a indústria naquele tempo a usar o som e o que os fez acreditar que este elemento tinha tanta importância quanto o visual (Grupp, 2015b).

Para Krygier (1994) são várias as evidências de que o som é um forte meio de representação e comunicação de informação. Este autor acredita que este pode ser usado tanto sozinho, como em adição aos sistemas de representação visual, alargando as capacidades de representação.

Segundo Augusto (2014), embora o mundo tenha progredido de uma cultura oral para uma cultura literária, parecendo que a audição foi posta de parte, tal não corresponde inteiramente à verdade, uma vez que a maioria do conhecimento é ainda transmitida pelo som – o diálogo. O som funciona como uma língua universal, qualquer emoção pode ser transmitida através dele e é compreendida em qualquer parte do mundo (Lam, 2015). O mesmo não acontece com o texto, que implica uma análise e interpretação para que seja lido da forma correcta (Lam, 2015). É então necessário usar o som como recurso central e torná-lo parte integrante do processo de design pois, apesar de todas as suas vantagens, continua a ser uma área pouco explorada (Lam, 2015).



## 2.2 Percepção Auditiva

Os sons do mundo real podem ser muitas vezes difíceis de compreender devido à sua complexidade e simultaneidade, mas, do ponto de vista evolutivo, o sistema auditivo humano é capaz de compreender esta confusão de sons existentes através de mecanismos de captura de informação sonora, os quais nos permitem diferenciar entre os sons que comunicam algo importante e aqueles que apenas são distractivos (Carlile, 2011). Estes mecanismos, embora quase sempre automáticos e feitos sem esforço, são constituídos de grande complexidade e têm vindo a ser estudados para uma melhor compreensão de como se processam (Carlile, 2011; Neuhoff, 2011). A esta área chama-se de Percepção Auditiva e está então relacionada com o entendimento de como a informação é recebida e encaminhada pelo nervo auditivo e como, posteriormente, o cérebro processa essa informação e tem a capacidade de perceber o som: distinguir variações na altura e intensidade; identificar timbres; e construir o espaço sonoro à sua volta (Carlile, 2011; Neuhoff, 2011).

A longa investigação nesta área permitiu um conhecimento significativo de aspectos psicológicos, perceptivos e cognitivos que influenciam os eventos auditivos (Kramer et al., 2010). Segundo Kramer et al. (2010) há duas características da Percepção Auditiva que sugerem que a representação de dados através de som pode ser eficaz:

- A sensibilidade para detectar mudanças no som ao longo do tempo. O ouvido humano é capaz de discriminar eventos periódicos e aperiódicos e detectar alterações na frequência de sinais contínuos, o que se torna uma grande vantagem em relação aos sistemas visuais.
- Não ser necessário orientar o ouvinte numa direcção, ao contrário dos sistemas visuais.

Estas características permitem que o som seja particularmente adaptável para a transmissão de informação (Kramer et al., 2010). Enquanto que num sistema visual pequenas transições de dados podem passar despercebidas, o mesmo não acontece através da audição, o que possibilita monitorizar dados temporais complexos apenas ao ouvir o seu equivalente sonoro (Kramer et al., 2010). Outra das possibilidades é também o uso de sistemas auditivos em situações onde os olhos estão a realizar outra tarefa (Kramer et al., 2010).

Outras características da percepção auditiva, tais como a audição paralela, detecção rápida, resposta afectiva e formação *Gestalt* auditiva, baseiam-se na ideia do som como meio de representação de dados e poderão contribuir na melhoria dos meios de mapeamento de informação para dimensões específicas do som (Kramer et al., 2010).

Um dos pontos fulcrais da análise da percepção na criação de sistemas de sonificação é, tal como foi referido quando se abordou as características sonoras, o facto da alteração específica de um desses parâmetros não ter influência em apenas uma característica perceptual, mas sim em várias (Neuhoff, 2011).

O conhecimento nesta área é então essencial para o desenvolvimento de dispositivos auditivos, como de sistemas de sonificação que tirem o melhor partido do aparelho auditivo humano e que transmitam os dados de forma eficaz e compreensível (Kramer et al., 2010; Krygier, 1994).

## 2.3 Visualização de Informação

Lang (2010) refere como a sociedade é definida pela informação. Todos os dias são criadas vastas quantidades de dados que são transportados por inúmeros canais de comunicação. É este o principal motivo que está por trás do aparecimento da Visualização de Informação, que tem o intuito de processar os dados e os tornar compreensíveis ao nosso olhar, através de gráficos, linhas ou outros elementos visuais que permitem detectar padrões e tendências e dar-nos um conhecimento do que é representado.

A importância da Visualização de Informação é incontestável. Há muitos séculos que é um meio poderoso de apresentar dados (Lang, 2010). Os gráficos e as suas técnicas, os mapas e a cartografia são elementos há muito estabelecidos como meios eficazes de representar informação (Kramer et al., 2010; Lang, 2010; Tufte, 1990). Porém, os sérios impulsionadores da Visualização de Informação foram: o desenvolvimento dos gráficos de computador (por exemplo os gráficos 3D), a evolução do *hardware* e dos algoritmos e, também, os avanços feitos na representação de dados (Foley et al., 1990 como citado em Kramer et al., 2010).

A Visualização de Informação pode, então, ser definida como a representação gráfica de dados abstractos, que capta a atenção do utilizador para elementos importantes da informação (Lang, 2010). O design de representações visuais eficazes facilita a compreensão de fenómenos complexos ao dar ênfase a características mais importantes e a minimizar detalhes distractivos (Swan II, Rhyne, Laidlaw, Munzner, & Interrante, 1999). Os princípios que fundamentam o campo da Visualização de Informação são também os que estão na base da Sonificação, ambos pretendem transmitir dados complexos de forma a que seja possível obter uma compreensão geral e clara da informação.

Com o aumento exponencial do número, tamanho e complexidade dos conjuntos de dados, as técnicas de visualização de informação têm sido insuficientes para cumprir o objectivo de representação e acredita-se que se estão a atingir os limites da interpretação visual pelo utilizador (Kramer et al., 2010). No entanto, a audição tem o potencial de transmitir dados de forma simples, o que pode ser uma solução para este problema, tornando-se um complemento ou até uma alternativa à Visualização de Informação (Barrass, 1997; Hermann, Hunt, & Neuhoff, 2011a). A dificuldade de implementação da sonificação pode também ser solucionada por esta medida, ao integrá-la noutro tipo de dispositivos, como visualizações de informação, aumentando a sua eficiência e aceitação (Barrass & Kramer, 1999; Kramer et al., 2010). Como cada modalidade de representação tem as suas forças e fraquezas, a aglutinação destes sistemas pode eliminar os seus pontos fracos e produzir novas sinergias de informação, até agora inexploradas (Barrass & Kramer, 1999).



## 2.4 Sonificação

A Sonificação pode-se descrever, sumariamente, como o uso de áudio não falado para representar informação que pode dar suporte para o processamento de dados em diferentes áreas (Barrass & Kramer, 1999; Kramer et al., 2010).

Este campo é composto essencialmente por três componentes (Ben-Tal & Berger, 2004; Kramer et al., 2010):

- A investigação psicológica em percepção e cognição, que analisa os cenários auditivos e foca-se na interacção e no papel da memória em extrair informação do som.
- O desenvolvimento de ferramentas de sonificação para investigação e aplicação, que tem como objectivo oferecer ao utilizador formas flexíveis de controlar os dados e os parâmetros sonoros.
- O design e aplicação da sonificação, que devem estar focados na formulação de um método para o desenvolvimento de projectos de sonificação.

Kramer et al. (2010) analisam o estado actual destas três componentes e identificam os temas cuja discussão é necessária: o desenvolvimento de ferramentas que facilitem a investigação nesta área, o potencial de sistemas multimodais e a necessidade de colaborações em diferentes áreas. A Sonificação é um tema muito interdisciplinar, que integra conceitos desde percepção, acústica, design, artes e engenharia, o que leva a que o desenvolvimento de representações auditivas implique ligações entre estas diferentes áreas (Kramer et al., 2010).

O progresso drástico dos computadores nos últimos anos tem levado à geração de grandes quantidades de dados e alterou a forma como aprendemos, comunicamos e exploramos (Hermann & Hunt, 2005; Kramer et al., 2010). Embora a Visualização de Informação tenha aparecido para auxiliar investigadores a analisar grandes volumes de dados, as suas técnicas tornam-se insuficientes com este aumento exponencial de informação ao qual o utilizador pretende aceder (Hermann & Hunt, 2005; Kramer et al., 2010). Desta forma, o som pode ser a solução para este fenómeno, dando através da sonificação formas inovadoras de representar dados sem se tornar demasiado complexo para a compreensão do utilizador (Kramer et al., 2010; Minciocchi & Rosenboom, 2015).

Associado a esta necessidade têm, também, vindo a ser desenvolvidas tecnologias áudio mais poderosas que permitem agora, mais do que nunca, mostrar a importância do som como técnica de representação de dados (Kramer et al., 2010). O som tem sido usado em interfaces humano-computador há já muitos anos como aviso sonoro, mas só recentemente é que ganhou uma nova importância e é utilizado para comunicar dados (B. N. Walker & Kramer, 1996).

No entanto, para que isto aconteça, é necessário que os sistemas de sonificação criados sejam intuitivos, flexíveis, capazes de concentrar várias dimensões num único evento perceptual e completar ou suplantar os sistemas visuais (Ben-Tal & Berger, 2004; Minciacchi & Rosenboom, 2015).

Para tentar compreender o que pode ser feito para desenvolver projectos de sonificação, será definido, nas páginas seguintes, o que é a Sonificação, o que já foi feito neste campo, os desafios que enfrenta e as técnicas que podem ser usadas.

### 2.4.1 DEFINIÇÃO DE SONIFICAÇÃO

A Sonificação consiste na transformação de dados (científicos ou outros) e das suas relações em sinais acústicos, considerando que o som é capaz de representar dados de forma compreensível para o utilizador (Frazier, 2013; Hermann & Hunt, 2005; Kramer et al., 2010; Minciacchi & Rosenboom, 2015; Park, Kim, Lee, & Yeo, 2010; Vicinanza, 2014b). A Sonificação, embora um subtipo do dispositivo auditivo, que comunica informação através de som, usa apenas áudio não-falado na representação de dados (Hermann et al., 2011a; Minciacchi & Rosenboom, 2015). Esta área contém, ainda, uma abordagem chamada de Sonificação Musical que tira partido do acto de ouvir música e dos aspectos que esta acção envolve para representar informação (Ben-Tal & Berger, 2004).

O processo de sonificação é definido essencialmente por três fases representadas na Figura 1: o gerador de informação que cria os dados a serem representados; o meio de comunicação que recebe os dados e gera som a partir deles; e o ouvinte que recebe a informação manipulada (Huang et al., 2011).



Figura 1: Esquema do processo de sonificação (Kramer, 1994a como citado em Huang, Lu, & Ren, 2011, p. 492).

Embora se considere uma área muito diferente da Visualização de Informação, ambas se baseiam no mesmo princípio: a transformação de dados numa forma de representação (Vicinanza, 2014b). Enquanto que a Visualização de Informação mapeia os dados em pontos, linhas ou outros elementos gráficos, a Sonificação transforma-os em som (Vicinanza, 2014b). A música ou o som é um elemento apresentado ao ouvinte sequencialmente no tempo, característica que podemos associar à forma como é traçado um caminho no mapa, onde os pontos da rota são vistos e ordenados no tempo (Ben-Tal & Berger, 2004; Park et al., 2010). Os princípios básicos de organização e ordenação nas duas áreas são, então, semelhantes (Ben-Tal & Berger, 2004; Park et al., 2010).

O acto de ouvir envolve inúmeras mudanças simultâneas que podem ser integradas na criação de uma imagem mental, cujo aspecto é possível usar na sonificação (Ben-Tal & Berger, 2004). Este campo pode ser benéfico em áreas onde a representação visual é muito densa, difícil de interpretar e envolve muitas variáveis, facilitando a sua comunicação e interpretação (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010). A sonificação permite detectar mais facilmente padrões, o que se pode associar ao *data mining* (Vicinanza, 2014a). Enquanto que este processo é feito com algoritmos que calculam e retiram estatísticas do conjunto de dados, na sonificação o *data mining* é feito através da audição, e a razão para estarmos capacitados para este reconhecimento de padrões é o facto de ouvirmos durante toda a nossa vida (Roberts, 2013 como citado em Frazier, 2013; Vicinanza, 2014a). Algumas áreas já exploram esta facilidade, como é o caso de dados sísmicos (Adachi, Yasukawa, Takumi, & Masayasu, 2001), astronómicos ou meteorológicos (Flowers, Whitwer, Grafel, & Kotan, 2001).

A Sonificação tem vindo a desenvolver-se rapidamente nas últimas décadas e tem interesse em inúmeras áreas, tal como o *data mining*, música computacional e interacção humano-computador (Ben-Tal & Berger, 2004; Hermann & Hunt, 2005).

#### 2.4.2 MARCOS HISTÓRICOS

Ao longo dos tempos o homem tem criado ferramentas que o ajudam a perceber o mundo (Hermann & Hunt, 2005; Reeves, 2014). Muitas delas são formas simplistas de sonificação que reagem à interacção física através de um *feedback* sonoro (Hermann & Hunt, 2005; Minciacchi & Rosenboom, 2015; Reeves, 2014).

Não obstante esta história remota, os termos *sound design* e *sound designer* remontam apenas de 1979, criados por Francis Ford Coppola no processo de desenvolvimento de um dos grandes exemplos de design sonoro no mundo dos filmes – *Apocalypse Now* (Figura 2 e 3) – o primeiro filme multicanal e o primeiro a ser apresentado com colunas em diferentes zonas da sala, permitindo uma imersão dentro da acção nunca antes vista (Reeves, 2014).

Ainda no campo do cinema, Hitchcock em 1963, deu grande relevância ao som no filme *The Birds*, ficando bastante conhecido o ataque dos pássaros (Figura 4), cujo som foi gerado especialmente para aquela situação e que deu uma maior intensidade ao momento (Scovell, 2014; Springer, 2013). Outro dos filmes de interesse referir é *Eraserhead* (Figura 5) de David Lynch, onde o som lhe dá uma nova dimensão, ao intensificar a estranheza das imagens e ao criar uma nova profundidade no filme, apenas acessível através do som (Halsall, 2012; Marine, 2015).



Figura 2: Cartaz do filme *Apocalypse Now* (Dufresne, Leblond, & Vaillat, n.d.).



Figura 3: Imagem do filme *Apocalypse Now* (Dufresne et al., n.d.).



Figura 4: Imagem do filme *The Birds* de Alfred Hitchcock (Arnold, 2014).



Figura 5: Imagem do filme *Eraserhead* de David Lynch (Marine, 2015).

O aparecimento da Sonificação deve-se bastante ao avanço das técnicas computacionais de síntese e composição musical. Em 1957 Max Mathews, através dos estudos que tinha feito nos últimos anos, cria a primeira linguagem de programação de síntese sonora digital, chamada de MUSIC 1 (Duarte, 2014; Hiller, 2016). Este trabalho marcou a produção de som através do computador e permitiu o aparecimento do campo da música computacional (Duarte, 2014; Hiller, 2016).

Ainda, nesta década, é criada a primeira experiência de composição musical através de um computador, *Illiad Suite*, por Lejaren Hiller (Hiller, 2016; Kaper, Tipei, & Wiebel, 1999). Esta composição (Figura 6) era um conjunto de experiências em que o computador criava uma lista de inteiros aleatória que representava diferentes características musicais (Hiller, 2016; Kaper, Tipei, & Wiebel, 1999).

ILLIAC SUITE FOR STRING QUARTET 3

I. EXPERIMENT NO. I

L.A. HILLER, JR. AND L.M. ISAACSON

**PRESTO**

VIOLIN I

VIOLIN II

VIOLA

CELLO

(A)

Figura 6: Excerto da partitura de *Illiad Suite* (Ares, 2009).

Segundo Hermann & Hunt (2005), os instrumentos musicais podem considerar-se os melhores exemplos de sistemas onde o *feedback* acústico tem um papel importante na coordenação das actividades do utilizador. No entanto, para além do mundo da música, existem outros instrumentos ou ferramentas que tiram partido do som. Ben-Tal e Berger (2004) referem o estetoscópio (Figura 7), invenção de Rene Laennec em 1819, como um dos primeiros instrumentos a facilitar a sonificação de dados médicos. Com o estetoscópio os médicos poderiam interpretar os sons, não apenas da acção do coração, mas do movimento de todos os órgãos da zona torácica (Laennec, 1962 como citado em Ben-Tal & Berger, 2004).



Figura 7: Um dos primeiros estetoscópios de Laennec ("Laennec's stethoscope, c 1820.", n.d.).

Em meados dos anos 80 do século passado, também no campo da medicina, é propagado nos hospitais dos Estados Unidos um aparelho que usa o som para o seu funcionamento, o oxímetro de pulso (Kramer et al., 2010). Este produz um som que varia em altura com o nível de oxigénio na corrente sanguínea, o que permite ao médico monitorizar informação crítica enquanto procede ao tratamento cirúrgico.

No entanto, um dos exemplos de maior sucesso da sonificação foi criado apenas no início de 1900 por Hans Geiger – o contador Geiger (Figura 8) – e, ainda hoje, é amplamente usado (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010). Este instrumento detecta níveis de radiação invisível e alerta através de cliques sonoros, o que permite avisar para o perigo que poderia passar despercebido numa visualização de informação (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010). O motivo que levou ao sucesso desta aplicação pode ser compreendido por experiências realizadas que mostram que as pessoas estão mais capacitadas de monitorizar níveis de radiação através do áudio do que através de dispositivos visuais (Tzelgov, Srebro, Henik, & Kushelevsky, 1987).



Figura 8: Contador Geiger de 1932 (Becker, n.d.).

Um dos primeiros exemplos que podemos chamar de sonificação, embora não tenha sido feito com esse propósito, surgiu em 1936, pelas mãos de Sergei Prokofiev que compõe a história e música *O Pedro e o Lobo* para um teatro de crianças em Moscovo (Tovey, 2012; Tulga, 2012). Nesta composição (Figura 9) cada personagem na música é representada por um instrumento ou grupo de instrumentos diferentes e com o decorrer da melodia é contada a história através desses sons.

The image displays a page of a musical score for Sergei Prokofiev's *O Pedro e o Lobo*. The score is written for a narrator and a Trombone. It consists of several staves of music, each with its own tempo and dynamic markings. The movements are numbered 31 through 37. The tempo markings include *Andante molto*, *Vivo*, *Allegro*, and *Poco meno mosso*. The dynamic markings range from *mf* (mezzo-forte) to *ff* (fortissimo). The score also includes performance instructions such as *f marcato*, *disperato*, and *Duxi*. The Trombone part is marked with *3* and *2* for the first and second horns, respectively. The narrator's part is marked with *narrator* and various dynamics. The score is set in a key with one sharp (F#) and a 4/4 time signature.

Figura 9: Excerto da partitura de *Pedro e o Lobo* (Hembd, 2011).

Um dos grandes acontecimentos com o uso de sonificação foi a missão espacial *Voyager 2* em 1979 (Figura 10), onde ocorreu um problema quando a nave passava sobre os anéis de Saturno (Figura 11), que apenas foi detectado quando os dados recebidos foram tocados por um sintetizador musical (Kramer, 1994a como citado em Kramer et al., 2010). Esta acção levou à descoberta de que o problema estava relacionado com colisões a alta-velocidade com micrometeoritos electromagnetizados (Kramer, 1994a como citado em Barrass & Kramer, 1999; Kramer, 1994a como citado em Kramer et al., 2010).



Figura 10: Lançamento da nave *Voyager 2*, 1977 ("Voyager 2 Launch", 1998).

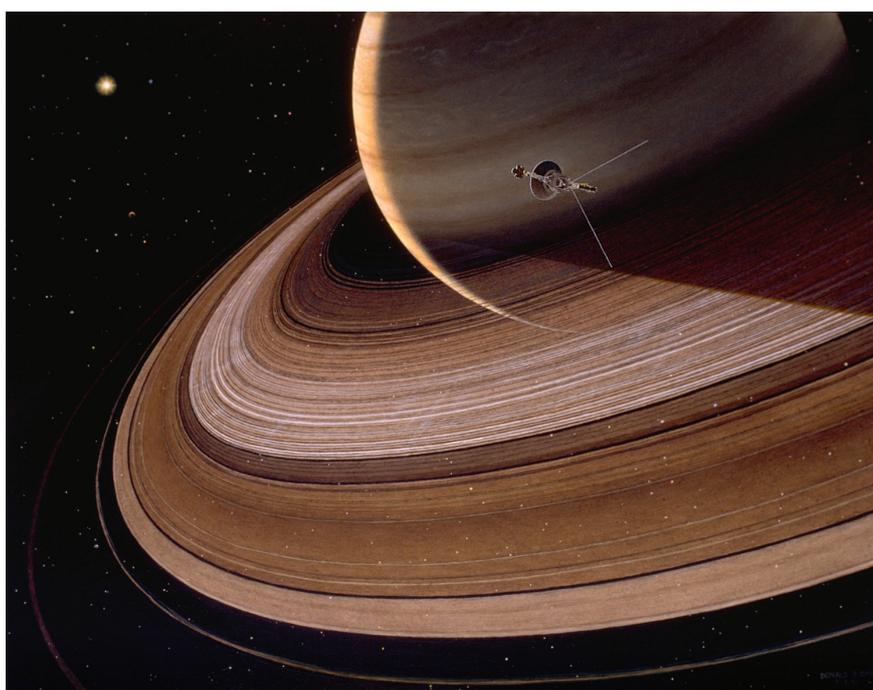


Figura 11: Ilustração a óleo da chegada do *Voyager 2* a Saturno, Donald Davis (Davis, n.d.).

Há poucos anos, a Sonificação, contribuiu, também, para uma descoberta pelos físicos Davis e Packard, que ao usar uma técnica de sonificação para ouvir traços visuais de um osciloscópio, descobriram uma oscilação prevista pela teoria quântica, que através de meses de visualização nunca foi detectada (Kramer et al., 2010; Pereverzev, Loshak, Backhaus, Davis, & Packard, 1997).

No fim do último século o desenvolvimento da psicoacústica (cf. Glossário), manipulação de dados, síntese de som e técnicas de sonificação, levou a um aumento da procura e exploração deste campo (Minciacchi & Rosenboom, 2015).

### 2.4.3 APLICAÇÃO DA SONIFICAÇÃO

Kramer et al. (2010) defendem que a percepção dos dados sonificados é determinante para o sucesso de qualquer aplicação de sonificação. Os sistemas auditivos oferecem um complemento interessante aos sistemas visuais, com a possibilidade de alteração de múltiplas variáveis sonoras simultaneamente, mas, para que tenham sucesso, é preciso ter em atenção a capacidade do homem em processar uma experiência audiovisual que mude constantemente (Hermann & Hunt, 2005).

A área principal de aplicabilidade da sonificação é a investigação científica: ao nível da engenharia, da construção de modelos artificiais, de estudos sísmicos ou médicos (Barrass & Kramer, 1999; Frazier, 2013; Kramer et al., 2010). Na sismologia, onde a Visualização de Informação tem dificuldade em encontrar formas de apresentar biliões de amostras, o uso da audificação permite encurtar o tempo de análise de horas para minutos, onde são ouvidos os dados e o utilizador pode retirar conclusões (Barrass & Kramer, 1999; Hayward, 1994; Kramer et al., 2010). No tratamento do cancro, por exemplo, a sonificação pode ter um grande impacto ao transformar os dados do paciente em características sonoras, facilitando a distinção entre células cancerígenas e saudáveis (Vicinanza, 2014a).

A deficiência visual é outra das áreas de grande importância na Sonificação, os invisuais confiam mais nos sons do que a população visual, pois aprendem desde cedo a filtrar os sons que lhes são úteis, razões que permitem a uma melhor comunicação sonora (Barrass & Kramer, 1999; Kramer et al., 2010; Krygier, 1994). Assim, têm vindo a ser desenvolvidas aplicações sonoras que permitem aos deficientes visuais ser mais autónomos, como sistemas de GPS, novas formas de navegação na *web* ou programas de computador (Barrass, 1997).

Outra das áreas onde a Sonificação tem importância é no controlo de produção fabril. Gaver et al. (1991) refere o aumento de produtividade dos trabalhadores quando obtêm *feedback* sonoro das máquinas e dos restantes empregados; o som ajuda-os a estar a par da linha de processamento.

Também no tráfego ou em outras tarefas onde o utilizador não possa olhar para adquirir informação, o som é aplicado e tem importância, como é o exemplo de sinais de rádio ou dicas de áudio no espaço, que ajudam na pilotagem de um avião, condução de um automóvel ou no auxílio a astronautas (Barrass & Kramer, 1999; Begault, Wenzel, Shrum, & Miller, 1996).

Aplicações educacionais sonoras estão, igualmente, a tornar-se promissoras. Estudos revelam que as pessoas podem compreender facilmente conceitos de fluxos, *clustering* e correlações através da audição, e o som pode inovar a experiência de aprendizagem (Flowers, 1996 como citado em Kramer et al., 2010; Kramer, 1994b como citado em Kramer et al., 2010). Desde alguns séculos que o ensino usa o ritmo e a música como mnemónicas para ensinar às crianças conceitos difíceis de compreender ou fixar (Kramer et al., 2010).

Recentemente, o som tem sido usado na cartografia dinâmica e, embora em menor escala, na sonificação de tendências do mercado para detectar padrões desconhecidos (Frazier, 2013; Krygier, 1994).

Outro dos campos que pode ganhar com a aplicação da sonificação é a arte, os novos media e a música (McGee, 2009). Cada vez mais artistas, músicos e designers de sons utilizam técnicas de sonificação no seu trabalho (Hermann, 2008; McGee, 2009). Sonificar uma obra visual de um artista, adiciona-lhe uma nova dimensão e pode captar mais espectadores (McGee, 2009).

Pode concluir-se então que a sonificação é aplicada essencialmente a conjuntos de dados maiores, mais complexos e dinâmicos, como navegação, monitorização de processos, investigação e apoio a pessoas com deficiência (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010; Minciocchi & Rosenboom, 2015). É neste aspecto – o aumento da dimensão e complexidade dos dados – que a Sonificação tem um grande papel, pois a tendência da representação é desenvolver técnicas que reduzam a dimensão sem perder a informação e procurar formas de representar várias dimensões ao mesmo tempo, objectivos que o som pode satisfazer (Hermann & Hunt, 2005; Kramer et al., 2010). No entanto, uma das ideias que é preciso ter atenção no desenvolvimento destas aplicações é que quanto melhor for a compreensão de como o som interage com a actividade humana, maior será a qualidade da aplicação final, levando a que a investigação da percepção seja uma mais valia para o desenvolvimento deste campo (Hermann & Hunt, 2005).

#### 2.4.4 TÉCNICAS DE SONIFICAÇÃO

Uma técnica pode ser considerada sonificação, segundo Thomas Hermann (2008), se cumprir um conjunto de condições:

- O som reflecte objectivamente propriedades ou relações dos dados sonificados.

- A transformação é sistemática: existe uma definição precisa de como os dados são transformados em som.
- A sonificação é reproduzível: o resultado sonoro com um conjunto de dados idêntico terá uma estrutura semelhante.
- O sistema poderá ser usado com outros tipos de dados e como repetição do mesmo conjunto de dados.

Os métodos para construir um dispositivo auditivo, ou seja, para transformar os dados em som, podem gerar diversos resultados sonoros e são divididos por Kramer (1994a como citado em Barrass & Kramer, 1999) em duas áreas: analógico e simbólico. A representação analógica é aquela na qual a correspondência entre a informação a ser representada e o meio de representação tem uma ligação directa, como é o caso de alguns dos exemplos já anteriormente referidos, como o contador Geiger (Barrass & Kramer, 1999). O mapeamento feito, nestes casos, é de um-para-um, tendo cada ponto de informação uma correspondência directa a um ponto do sistema de representação (Barrass & Kramer, 1999). Na abordagem simbólica, o mesmo não acontece, a relação entre os dados e o sistema de representação não reflecte, obrigatoriamente, uma ligação intrínseca e ou imediata (Barrass & Kramer, 1999). Por exemplo, o que acontece em sistemas automóveis, embora o som nos informe sobre o estado do veículo, não está necessariamente a representar o que ocorre em cada momento (Barrass & Kramer, 1999).

Outro tipo de classificação, também usado na distinção entre os principais métodos de sonificação, é a semiótica (Blattner et al. 1994 como citado em Barrass & Kramer, 1999), que servirá de base neste capítulo para a diferenciação entre as técnicas elucidadas, que vão também ao encontro do que é explicitado no livro *The Sonification Handbook* (Hermann, Hunt, & Neuhoff, 2011b).

## AUDIFICAÇÃO

A audificação é uma das técnicas mais simples que consiste em escrever os dados directamente num ficheiro de som, criando, assim, um retrato instantâneo, contínuo e não digital da informação (Dombois & Eckel, 2011; Frazier, 2013; Hermann & Hunt, 2005). É uma alternativa directa à visualização de informação, e é definida por Dombois & Eckel (2011) como: "... a technique of making sense of data by interpreting any kind of one-dimensional signal (or of a two-dimensional signal-like data set) as amplitude over time and playing it back on a loudspeaker for the purpose of listening" (p. 301).

A audificação pode ser assim, de certa forma, associada à partitura musical: os dados usados são transformados directamente numa partitura, ambas se preocupam mais com os tons e os seus valores simbólicos do que com o resultado auditivo e físico (Dombois & Eckel, 2011). Embora na maioria das representações

criadas, a partir da audificação, os resultados sonoros sejam tocados sem interrupções, é possível adaptar esta técnica à sonificação interactiva, permitindo que o utilizador navegue pelo ficheiro sonoro (Hermann & Hunt, 2005).

Esta técnica costuma ser utilizada em casos onde os dados são constituídos por um grande número de pontos, como por exemplo na representação de terremotos e radiação solar (Frazier, 2013).

## ÍCONES AUDITIVOS

Método de sonificação muito simples usado, essencialmente, para sinalizar algo, como por exemplo um telefone a tocar, sendo *feedbacks* directos de uma actividade gráfica ou de outro tipo (Barrass & Kramer, 1999; Hermann & Hunt, 2005). Esta abordagem consiste, então, em mapear eventos em áudio modelado a partir de sons do quotidiano, que estejam relacionados de alguma forma com o acontecimento a sonificar (Gaver, 1994 como citado em Barrass & Kramer, 1999; Brazil & Fernström, 2011). Por exemplo, uma porta a bater com o botão de saída de uma aplicação, ou o amarrotar de um papel com o esvaziar o lixo do computador, estão assim muito relacionados com a semântica do som (Gaver, 1994 como citado em Barrass & Kramer, 1999). O nome desta técnica provém exactamente desta sua característica, com o surgimento no início dos anos 1980 das primeiras explorações sonoras nos computadores pessoais, Bill Gaver atribuí-lhe o nome de ícone auditivo, por ser o equivalente auditivo dos ícones visuais usados na metáfora da secretária (cf. Glossário) (Brazil & Fernström, 2011; McGee, 2009).

A familiaridade associada aos sons usados permite que sejam rapidamente compreendidos, mas embora isto seja uma vantagem, um dos desafios desta técnica é o facto do conjunto de sons do dia-a-dia, que podemos associar a tarefas na interface humano-computador, ser muito reduzido (Barrass & Kramer, 1999; Brazil & Fernström, 2011). Com o crescimento da ubiquidade das formas computacionais e o subsequente aparecimento de novos mecanismos de interacção, é necessário estabelecer metáforas que satisfaçam os requisitos das novas tecnologias.

## EARCONS

Os *earcons* são pequenas mensagens musicais, que embora semelhantes aos ícones auditivos, não necessitam de uma relação entre o som e o seu significado, dificuldade que a técnica anterior enfrenta e que esta consegue solucionar (Blattner, Sumikawa, & Greenberg, 1989; McGookin & Brewster, 2011). Este método, tal como o ícone auditivo, é usado em interfaces humano-computador para dar informação ao utilizador de um objecto ou interacção (McGee, 2009).

Esta técnica usa sons abstractos e sintéticos para criar a mensagem musical, onde diferentes propriedades musicais são associadas a diferentes informações transmitidas (Barrass & Kramer, 1999; Brewster, 1994; Krygier, 1994; McGookin & Brewster, 2011). A facilidade de produção destes sons com as novas tecnologias e a sua representação abstracta, permitem que sejam de fácil aplicação nos sistemas existentes (Barrass & Kramer, 1999). No entanto, o facto de serem sons abstractos dificulta a sua aprendizagem pelo utilizador, não em pequeno número, mas quando há um grande conjunto de *earcons* associados às tarefas realizadas (Barrass & Kramer, 1999). Porém, o estudo de Lucas (1994) mostrou que a diferença de aprendizagem entre *earcons* e ícones auditivos não era significativa.

Os *earcons* e os ícones auditivos são, assim, duas técnicas complementares, ambas com os seus defeitos e vantagens, que podem ser associadas para um melhor sistema auditivo (McGookin & Brewster, 2011).

## MAPEAMENTO DE PARÂMETROS

Esta técnica é a mais utilizada para representar dados através de som (Barrass & Kramer, 1999). É uma técnica lexical que consiste na associação de informação a diferentes parâmetros auditivos simultaneamente, por exemplo através da variação da duração, altura ou intensidade (Barrass & Kramer, 1999; Frazier, 2013; Grond & Berger, 2011; Hermann & Hunt, 2005). O facto do som ser multidimensional, permite que o mapeamento de parâmetros seja uma boa técnica para representar dados multivariáveis, podendo-se através do controlo interactivo navegar pelos dados, ajustar o mapeamento e modular a sonificação em tempo real (Grond & Berger, 2011; Hermann & Hunt, 2005).

Embora a facilidade de produção dos sons e a representação de diversas variáveis ao mesmo tempo sejam vantagens deste método, podem tornar o som audível desagradável (Barrass & Kramer, 1999). Outro dos problemas desta técnica é o facto de ser difícil de prever como as mudanças em múltiplas variáveis irão afectar a percepção do som, podendo ocultar relações importantes e tornar o resultado auditivo complexo e confuso para o ouvinte (Kramer 1994b como citado em Barrass & Kramer, 1999; Barrass & Kramer, 1999).

O *Solar Wind Radio* de Fabio Morreale, que sonifica a informação da radiação solar, é um projecto conhecido que aplica esta técnica, onde a velocidade da massa afecta as batidas por minuto, a densidade do protão altera o volume e a temperatura do ião muda o modo e direcção da melodia (Frazier, 2013).

O mapeamento de parâmetros de dados para parâmetros auditivos pode ser a melhor opção de representação quando o objectivo é mostrar tendências gerais de dados (Grond & Berger, 2011).

## SONIFICAÇÃO BASEADA EM MODELO

Esta técnica é conceptualmente diferente da audificação e do mapeamento de parâmetros, pois tira partido de como as respostas acústicas são geradas em reacção às acções do utilizador e oferece uma plataforma que permite controlar como estas estruturas são transferidas para a sonificação de dados (Hermann, 2011; McGee, 2009). Em vez de associar atributos de dados a parâmetros sonoros, usa os dados para a configuração de um sistema dinâmico (instrumento ou objecto sonoro) a que se chama modelo de sonificação e a reprodução desse sistema é efectuada pela interacção do utilizador (Hermann, 2008, 2011; Hermann & Hunt, 2005).

Interagir com este modelo é semelhante à interacção com um objecto físico, por exemplo um instrumento musical, o que se pensa que terá vantagens na sua relação com o utilizador, pois cria respostas acústicas imediatas que ajudam a compreender como o modelo é estruturado (Hermann & Hunt, 2005). A interacção é, então, um constituinte central da definição deste modelo de sonificação, a ausência de excitação faz com que o modelo permaneça em silêncio e apenas, a interacção do utilizador ao longo do tempo, muda a sua dinâmica (Hermann, 2011; Hermann & Hunt, 2005).

A extensão desta técnica para outras modalidades, como meios visuais e tácteis, é uma área promissora para a exploração de dados multimodais (Hermann & Hunt, 2005).

### 2.4.5 SONIFICAÇÃO E EMOÇÃO

O grande poder emotivo da música permite-lhe que seja um óptimo meio de comunicar ou expressar variáveis afectivas (alegria, tristeza, medo) que seriam difíceis de descrever através de palavras ou imagens, mas que são facilmente reconhecíveis através do som (Schubert, Ferguson, Farrar, & McPherson, 2011; Vieillard et al., 2008; B. N. Walker & Kramer, 1996).

A sonificação de emoções através de música é uma área com bastante história (Schubert et al., 2011). A música pode ser tratada como uma sonificação cultural da emoção, uma vez que tem a capacidade de influenciar o estado mental de uma pessoa (Meelberg & Özcan, 2014; Schubert et al., 2011). O uso da música nesta área cria novas alternativas no campo filosófico e psicológico para expressar emoções (Schubert et al., 2011).

No entanto, do ponto de vista daqueles que defendem que a música não é capaz de expressar nenhuma informação específica, o mapeamento da emoção na música seria arbitrário e sem sentido (Schubert et al., 2011). Mas, ao aceitar que existem factores culturais que limitam as possibilidades de associações musicais, automaticamente limita-se o número de significados que podem ser retirados de uma música (Schubert et al., 2011). Em 1998, Peretz e os seus colaboradores comprovaram que ouvintes sem conhecimentos musicais eram capazes de distinguir felicidade de tristeza numa música ao fim de meio segundo (Vieillard et al., 2008).

Desde sempre que este tipo de associações é feito na ópera e no cinema, o que para a Sonificação contém vantagens em relação aos outros estilos musicais, pois nestas áreas a música é explicitamente criada para este efeito (Schubert et al., 2011). A intenção dos compositores é frequentemente sonificar o ambiente e emoção despertados pela cena do filme, usando ideias musicais estereotipadas para permitir comunicar claramente uma emoção, por exemplo, uma música triste é normalmente lenta e suave (Schubert et al., 2011). No entanto, é necessário ter em atenção à implementação destas ideias estereotipadas para que a sonificação seja detectada pela maioria e não contenha ligações pessoais que levem o utilizador a lembrar de uma situação pessoal específica (Schubert et al., 2011).

O paradigma da Sonificação trata a emoção como uma variável discreta, no entanto a emoção ajusta-se melhor a um sistema onde não se sonifica uma emoção específica mas sim um conjunto de emoções relacionadas, por exemplo, uma emoção sonificada poderia ficar entre contente e excitado (Schubert et al., 2011). Este tipo de situações pode-se verificar, pois quando uma emoção parece confusa, esta acaba por ser associada a emoções próximas da pretendida (Schubert et al., 2011). Sociólogos e psicólogos consideram que este tipo de medidas humanas são demasiado complexas e multidimensionais para obter um resultado tão específico, sendo aceitável que o mapeamento não seja exactamente perfeito, desde que dê alguma indicação do tipo de emoção que está a ser codificada (Schubert et al., 2011).

Para comprovar a capacidade de comunicar emoções pela música é necessário medir quão bem uma música é capaz de realizar este tipo de sonificação: a representação de uma emoção ou conjunto de emoções (Schubert et al., 2011). Uma forma de aumentar a concordância em relação a este tipo de mapeamento passa por seleccionar música que vá de acordo com as normas culturais existentes (Schubert et al., 2011).

Apesar do crescente interesse em comunicar emoções através da música, ainda não se compreende completamente como é que esta evoca uma determinada emoção (Vieillard et al., 2008).

#### 2.4.6 TECNOLOGIAS DE SONIFICAÇÃO

As ferramentas ligadas à sonificação têm vindo a evoluir exponencialmente. Nos dias de hoje qualquer computador tem *hardware* de som e uma variedade de *softwares* disponíveis (Kramer et al., 2010). Este crescimento impulsionou o desenvolvimento da Sonificação e permite que esta área faça cada vez mais parte dos nossos dias.

Dentro das ferramentas de sonificação, segundo Kramer et al. (2010), pode-se incluir: o *hardware*, como gravação de áudio, processamento de sinal e equipamento de reprodução; e o *software*, como ferramentas de síntese, edição e análise de som. Em relação ao *hardware*, este tem evoluído com o aumento das funcionalidades dos computadores, tendo qualquer computador a capacidade de gravar, processar e reproduzir áudio de forma satisfatória. Ao nível de *software* disponível são incluídos controladores MIDI (cf. Glossário), sintetizadores, programas de edição de ondas sonoras, de criação de música e de análise de sinal (Kramer et al., 2010). A maioria dos *softwares* de edição de som permite cortar, copiar, colar, gravar, reproduzir e repetir, como oferece uma variedade de sons para a produção de música.

A investigação das ferramentas de sonificação é ainda relativamente recente e tem-se focado, principalmente, em três características (Kramer et al., 2010):

- Possibilitar o acesso a funções de processamento de sinal a leigos, resultando na criação de *hardware* e *software* mais poderoso. Este aspecto tem sido particularmente afectado, pelo facto de não existir uma grande tendência para criar ferramentas *standard* e as que existem serem pouco documentadas.
- Síntese de som, cujas técnicas se baseiam em duas abordagens gerais: uma na criação, replicação e transformação do efeito de um som e a outra na modelação de propriedades de um objecto sonoro. Estas duas categorias permitem a sonificação a qualquer nível de abstracção.
- Dispositivos auditivos espaciais, para permitir a percepção adequada da localização da fonte sonora.

Embora a tecnologia associada à Sonificação tenha apenas sido desenvolvida nos últimos anos, esta requer, para ser funcional, menos capacidade computacional do *hardware*, do que as ferramentas de visualização de informação, como por exemplo o 3D (Kramer et al., 2010). No entanto, visto que a Sonificação é uma área que está ainda a encontrar o seu lugar no mundo da representação de dados, há pela frente uma longa investigação na procura das melhores ferramentas.

Actualmente, as ferramentas disponíveis pecam na complexidade, especificidade e falta de documentação que impedem a investigadores que não têm bases musicais ou de engenharia criarem a sua própria representação sonora. Kramer et al. (2010) identificam as três maiores lacunas nas ferramentas desta área que devem ser solucionadas para criar programas adequados:

- Portabilidade: a sonificação tem um grande número de exigências, no *hardware* de áudio, no processamento de sinal, no *software* de síntese e nos sistemas computacionais. Estas ferramentas devem ser mais consistentes, eficientes e portáteis para poderem ser usadas em diferentes plataformas.
- Flexibilidade: é necessário a criação de controlos de síntese específicos para manipular sons, para que a tarefa de transformação do som de acordo com os dados seja mais rápida e fácil.
- Integrabilidade: é preciso a criação de ferramentas que permitem combinar programas de visualização de informação com a sonificação. Aspecto que reforça a necessidade de existirem programas *standard* que permitam a sonificação.

#### 2.4.7 DESAFIOS

O som por não ser a variável de mapeamento tradicional e por ser recente a sua exploração como forma de elemento informativo, leva a que o campo da Sonificação tenha uma série de problemáticas que é necessário, através da investigação, solucionar para evoluir na área.

Como escolher a melhor técnica de sonificação para um conjunto de dados? O uso de sons familiares será capaz de dar resposta à quantidade de dados que tem de ser sonificada? Todos os dados são possíveis de sonificar? Pode um sistema de sonificação ser compreendido sem o auxílio visual? Como tornar a representação sonora de fácil compreensão? Até que ponto os sistemas multimodais são vantajosos? Estará a tecnologia preparada para a integração e expansão da Sonificação? Estas são algumas das questões que surgem a partir da análise do campo da Sonificação.

Um dos primeiros desafios da Sonificação está relacionado com os dados a serem sonificados. Nem todos os dados têm as características adequadas para serem transformados em som, e é necessário saber analisar e escolher a forma de representação que melhor se adequa a cada tipo de dados (Frazier, 2013).

No entanto, a escolha da abordagem de sonificação a aplicar em cada caso tem também influência e pode ser o ponto que torna uma representação sonora adequada ou não (Kramer et al., 2010). Nalguns casos, pode ser desejável criar mapeamentos com sons realistas ou naturais, porém este tipo de sons tem poucos parâmetros de discernimento para representar um grande volume de dados.

A familiaridade dos sons usados, embora tenha a vantagem de ser de mais fácil compreensão e aprendizagem, leva a que os conjuntos de sons possíveis de manipular seja muito reduzido (Hermann & Hunt, 2005; B. N. Walker & Kramer, 1996). Aspecto este que acaba por afectar uma das vantagens da sonificação:

a capacidade de transmitir uma maior quantidade de informação que os dispositivos visuais (Hermann & Hunt, 2005).

Ainda relacionado com os sons usados, a maioria dos sistemas de sonificação usa padrões pré-gravados ou sons simples sintetizados, o que causa dois grandes impactos: a flexibilidade em mapear os dados ser reduzida e os resultados sonoros serem cansativos e desagradáveis (Lodha, Beahan, Heppe, Joseph, & Zane-Ulman, 1997). Se o resultado sonoro é desagradável aos ouvidos, o utilizador irá sempre ter preferência pelos sistemas visuais (McGee, 2009).

No entanto, o uso de sons abstractos e mais complexos leva a outra problemática: os limites da memória do utilizador. O homem tem uma memória mais reduzida para sons abstractos em comparação com imagens abstractas (McGee, 2009). Este aspecto pode tornar difícil a compreensão de tendências e padrões nos dados, mas a aprendizagem e treino dos sistemas sonoros pode eliminar este problema (McGee, 2009).

A forma de aprendizagem dos sistemas sonoros é também um campo sobre o qual existem dúvidas. O utilizador deve aprender ao utilizar o sistema, tendo legendas auxiliares que o acompanham, ou o sistema deve ser unicamente sonoro e ser disponibilizado antes do seu uso um tutorial que ensine a utilizá-lo (Kaper et al., 1999; Krygier, 1994)? Esta dúvida ocorre, principalmente, em sistemas de sonificação interactiva, que embora tenham grande potencial, podem exigir um grande esforço da parte do utilizador para serem usados correctamente (Hermann & Hunt, 2005).

Para ultrapassar este problema da aprendizagem não é necessário eliminá-la, pois pode ser de extrema importância para evoluir na complexidade dos sistemas sonoros, mas sim incentivar o utilizador a querer aprender, cativá-lo de forma a que ele tenha interesse (Hermann & Hunt, 2005; Kramer et al., 2010). No entanto, os sistemas também têm de se adaptar e tirar partido da relação que existe entre o homem e os instrumentos musicais para construir programas que reajam à interacção humana como o mundo físico reage. Por exemplo, quanto maior for o impacto ao pressionar uma tecla de um piano, mais forte será o som produzido. Trata-se de uma interacção natural, sendo necessário este tipo de resposta em representações sonoras (Hermann & Hunt, 2005).

Outros dos desafios da Sonificação, também relacionado com esta problemática, é dar o contexto certo ao som para que possa ser compreendido pelo utilizador. Pode-se criar o melhor projecto de sonificação, com sons gerados de acordo com os dados e manipulações adequadas, mas se o utilizador não compreende do que o projecto se trata, o objectivo de transmitir a informação não é cumprido (Frazier, 2013).

A percepção é ainda, como referido numa das secções anteriores, outra área que se tem tornado um desafio para a construção de dispositivos de sonificação (Kramer et al., 2010; Krygier, 1994). Há muitos aspectos no sistema auditivo

humano que devem ser considerados, por exemplo um som que bloqueia outro, como acontece quando tentamos falar com alguém do outro lado de uma rua muito movimentada; ou a localização espacial de um som, que embora tenha muitas vantagens, pode ser difícil fazê-lo com precisão (Frazier, 2013; McGee, 2009). Outra limitação ocorre quando o sistema de sonificação criado interfere com outro tipo de comunicação necessário à experimentação do sistema, por exemplo o diálogo (McGee, 2009). Se um ambiente exige grande quantidade de comunicação entre pessoas, pode não ser apropriado a implementação de sistemas auditivos (McGee, 2009). É necessário compreender o sistema auditivo humano para perceber quais as possibilidades e limitações do som enquanto elemento representativo de informação (Barrass & Kramer, 1999; Kramer et al., 2010; Krygier, 1994).

Problemas cognitivos também dificultam o desenvolvimento da Sonificação. Compreender a quantidade de informação sonora que o utilizador é capaz de assimilar e recordar é importante para não criar sistemas demasiado complexos (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010; Krygier, 1994). Por exemplo, sistemas com um grande número de fontes sonoras a representar um só conjunto de dados. Uma das soluções nestes casos poderá ser a criação de projectos sonoros associados a outro tipo (visuais, tácteis), de forma a aumentar a quantidade e complexidade dos dados representados (Barrass & Kramer, 1999; Hermann & Hunt, 2005; Krygier, 1994). Por exemplo, a combinação entre imagem e som permite eliminar as fragilidades de cada sistema, por vezes o som é capaz de comunicar características difíceis de detectar através da visão e vice-versa (Kaper et al., 1999).

Por outro lado, estes sistemas integrados podem tornar-se de difícil compreensão para utilizadores não especialistas na área representada (Barrass & Kramer, 1999; Hermann & Hunt, 2005; Krygier, 1994). Enquanto existe muita investigação sobre como funciona a percepção auditiva, pouco se sabe sobre como os humanos integram diferentes modalidades de dispositivos (sonoros, visuais, tácteis) – percepção interactiva (Hermann & Hunt, 2005). É necessário compreender como se processa a informação que é distribuída por diferentes tipos de representações e tirar o melhor partido disso (Hermann & Hunt, 2005).

Outra problemática é como tornar a sonificação uma área natural ao utilizador como método de representação de informação, pois só a partir desta relação será possível compreender como o homem interage com estes sistemas e perceber qual a melhor forma de produzir representações, resolvendo muitos problemas associados à percepção e cognição (Krygier, 1994).

Por último, uma outra área que não está tão relacionada com as restantes, é a tecnologia: os requisitos de *hardware* e *software* exigidos podem ser também um entrave na criação de sonificações mais complexas, como é o caso das que exploram a localização espacial do som. Enquanto que esta característica (localização do som) é muito vantajosa na representação de mapas ou outro tipo de dados espaciais, pode ser difícil de aplicar e desenvolver devidamente pela falta de equipamento

adequado (Krygier, 1994). O mesmo acontece com a sonificação interactiva, que ao associar-se a outros tipos de representação poderá revolucionar a forma como lidamos com o computador, mas uma vez que este é essencialmente criado para lidar com elementos visuais, pode ser difícil de implementar os ideais da Sonificação Interactiva (Hermann & Hunt, 2005). Também, a nível das capacidades computacionais, é imperativo a construção de programas *standard* que permitam que um utilizador não especialista nem em engenharia, nem em música, seja capaz de construir as suas próprias sonificações, o que desenvolveria o campo e promoveria a sua aceitação (Barrass & Kramer, 1999).

## 2.5 Trabalhos relacionados

Neste capítulo, a fim de terminar o levantamento e análise do estado da arte no âmbito da dissertação, serão alvo de exploração alguns projectos nas páginas seguintes. Estes trabalhos, embora não tenham uma relação directa com o que se desenvolveu no projecto de dissertação, são casos com valor significativo para a área da Sonificação e que servem de estudo e análise do que já foi feito neste campo.

### 2.5.1 THE CLIMATE SYMPHONY

*The Climate Symphony* é uma performance desenvolvida por Marty Quinn, entre 1999 e 2000, para ser apresentada no Museu Americano de História e que consiste na transformação de dados de um bloco de gelo em som (Quinn, 2001).

Este projecto surgiu da vontade de compreender os dados recolhidos pelo *The Greenland Ice Sheet Project II* (GISP2) em 1993 (Figura 12), na perfuração de rocha na Gronelândia, que permitiu a obtenção de um bloco de gelo de 3053 metros que continha a informação química atmosférica acumulada pelas precipitações ao longo de mais de 200 000 anos naquele local ("*The Climate Symphony*", 2014; Quinn, 2001).



Figura 12: Cúpula do projecto GISP2 na Gronelândia (Quinn, 2001, p. 58).

Marty Quinn, ao criar a representação, decide focar-se nos primeiros 2960 metros de gelo que teriam a informação da evolução climática ao longo dos últimos 110 000 anos e apercebe-se que os padrões dos dados ofereciam uma óptima oportunidade para a criação de uma composição musical ("The Climate Symphony", 2014; Quinn, 2001).

A sonificação foi, então, criada transformando as oito séries de elementos químicos existentes em apenas três e associando-as a diferentes instrumentos musicais, sendo que quanto maior a concentração, maior a altura do som seria ("The Climate Symphony", 2014; Quinn, 2001). A composição musical criada, cujo excerto da partitura é mostrado na Figura 13, tinha cerca de 7 minutos, lendo os dados a uma velocidade de 150 anos/segundo nos primeiros 20 000 anos e de 350 anos/segundo para os últimos 90 000 anos.

Figura 13: Excerto da partitura musical do *Climate Symphony* (Quinn, 2001, p. 61).

A apresentação final foi desenvolvida com base na ideia de uma sala de gelo, com paredes e chão brancos, usando as paredes como tela de projecção e a sonificação (Som 1), gravada previamente, foi reproduzida na sala (Quinn, 2001).

Este projecto permite assim integrar a arte musical com a glaciologia, a química e o clima, introduzindo a audiência a uma nova forma científica de perceber informação através do som ("The Climate Symphony", n.d.). Marty Quinn conseguiu, através do projecto, fazer explorações inovadoras na Sonificação com o uso de padrões musicais e abrir a mente das pessoas para novas abordagens de representação de dados.



Som 1: Amostra da composição musical criada para o *Climate Symphony* ("The Climate Symphony", n.d.).

No entanto, embora este projecto tenha sido inovador, usando uma abordagem complexa e várias técnicas de sonificação, peca, ainda, na exploração do som como elemento localizado num espaço 3D (Quinn, 2001), que poderia beneficiar na compreensão mais clara dos dados transmitidos.

### 2.5.2 SONIFICAÇÃO DE POESIA CLÁSSICA CHINESA

Estudo desenvolvido por Chih-Fang Huang, Hsiang-Pin Lu e Jenny Ren que surgiu da ideia de criar um mecanismo alternativo para auxiliar pessoas não familiarizadas com a China Antiga, em experienciar a sua poesia clássica, a partir da ideia de que tanto o texto como a música evocam respostas emocionais (Huang et al., 2011).

O sistema de sonificação criado, *Text-to-Music* (Tx2Ms), extrai estruturas da poesia e mapeia as dinâmicas e relações existentes em durações dos elementos musicais, baseando a conversão na entoação poética e na análise acústica da pronúncia dos poemas. Acaba-se por gerar música a partir das características principais da poesia clássica chinesa: entoação, estado poético, forma da onda e frequência da pronúncia, que tornam esta poesia um sistema tonal muito rico (Huang et al., 2011; Ren, 2007).

Na sonificação, gerada através do *software* Max/MSP, é adoptada uma composição algorítmica que permite gerar notas musicais e integrá-las num sistema MIDI, que torna a sonificação mais musical (Huang et al., 2011). A análise da poesia pode derivar tanto do ritmo como da melodia, para demonstrar que um pequeno poema (Figura 14) pode ser tratado inteiramente como música (Huang et al., 2011).

A sonificação criada tinha como objectivo permitir uma nova forma de experienciar a poesia e enriquecer o processo imaginativo do ouvinte, reforçando a sinestesia existente (Huang et al., 2011). Considerei este caso de grande importância, pois assemelha-se em certa medida ao projecto de dissertação, uma vez que partilha a mesma temática de dados, a poesia, e utiliza ferramentas de *software* e processos de sonificação que também foram usados no projecto desenvolvido.

相思

Poem: Love Seed

王維 (唐)

Poet: Wang Wei (Tang Dynasty)

紅豆生南國,

Red beans grow in the southern land,

春來發幾枝?

How many shoots are there in spring?

願君多采擷,

Pray gather them till full your hand.

此物最相思。

Recalling love best is this thing.

登鶴雀樓

Poem: Climbing the Crane Tower

王之渙 (唐)

Poet: Wang Chih-huan (Tang Dynasty)

白日依山盡,

The white sun sinks below the Mount.

黃河入海流。

The Yellow River flows to sea.

欲窮千里目,

To have full view of thousand li.

更上一層樓。

Climb up one story more must we.

Figura 14: Dois dos poemas usados no projecto *Text-to-Music* (Huang et al., 2011, p. 514).

### 2.5.3 HARD DATA

Projecto criado por Luke Dubois que, após os seis anos de guerra entre o Iraque e os Estados Unidos da América, decide explorar os dados estatísticos deste conflito e dar-lhes uma nova forma de leitura (Brown, 2011; DuBois, 2009a, 2009b). Este conflito é o primeiro do qual existem muitos dados estatísticos mas pouco conhecimento destes, sendo que Dubois pretendia tirar sentido dos dados para compreender a cultura americana e a sua participação neste evento (Brown, 2011).

O projecto *Hard Data* é, assim, um sistema de sonificação que se baseia nos dados das acções militares americanas no Iraque, pretende recontextualizar a música na área das estatísticas mundiais e fornecer uma plataforma musical e metafórica (DuBois, 2009b, 2009c, 2009d). O compositor usa, para a criação da composição audiovisual, dados estatísticos desde mortes civis, espaços geográficos e orçamentos fiscais, transformando as vítimas da guerra em música (DuBois, 2009a).

A ideia inicial era desenvolver uma cronologia que seria pública e permitiria a qualquer artista criar a sua própria composição a partir dos dados (DuBois, 2009b). No entanto, Dubois constrói, em 2009, um *website* (Figura 15) onde apresenta a sua versão de mapeamento dos dados.

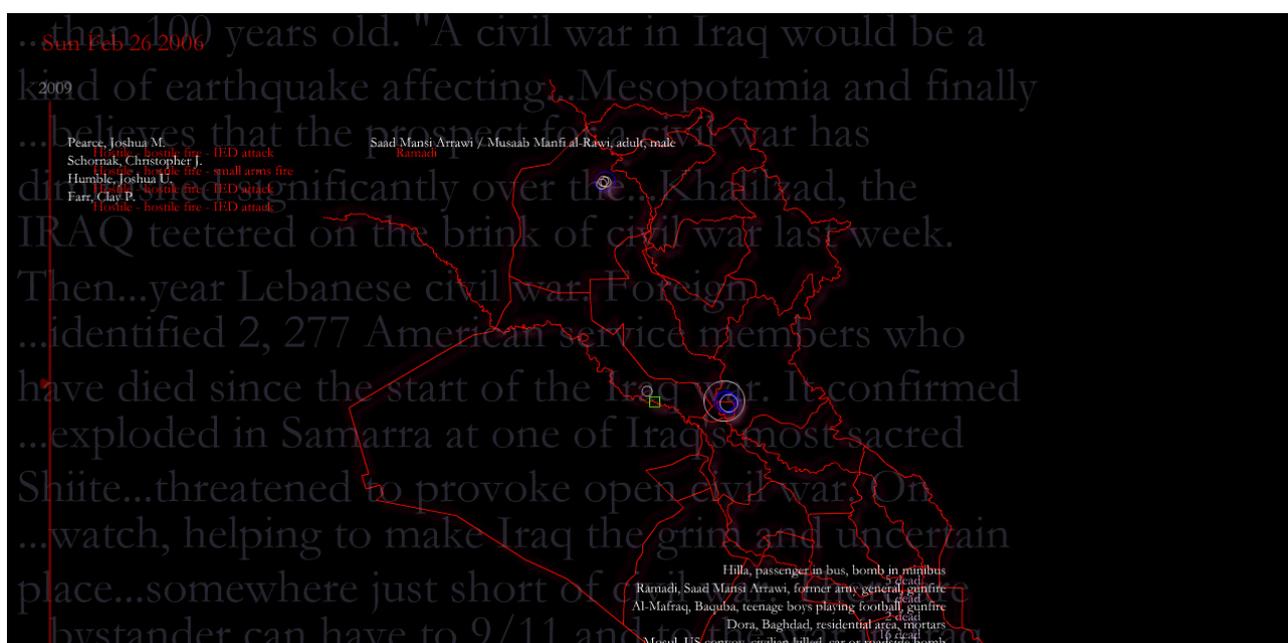


Figura 15: Imagem do *website Hard Data* num dia específico (DuBois, 2009b).

Após a publicação do *website*, Dubois é convidado a criar uma outra composição (Figura 16) para o quarteto de cordas Mivos, para fazer parte do Festival de Música de Darmstadt (DuBois, 2009b). Nesta versão, o quarteto de notas representa seis anos de guerra em 25 minutos e segue uma composição de seis movimentos que se foca nas vítimas de guerra (DuBois, 2009a, 2009c, 2009d):

- I. Men (Som 2).
- II. Children (Som 3).
- III. Soldiers (Som 4).
- IV. Refugees (Som 5).
- V. Women (Som 6).
- VI. Missing (Som 7).

*♩=100 strong and mournful...* **Hard Data: I** R. Luke DuBois

Figura 16: Excerto da partitura de I. Men (DuBois, 2009c, p. 4).

- 🔊 Som 2: Excerto do ficheiro sonoro de I. Men (DuBois, 2009a).
- 🔊 Som 3: Excerto do ficheiro sonoro de II. Children (DuBois, 2009a).
- 🔊 Som 4: Excerto do ficheiro sonoro de III. Soldiers (DuBois, 2009a).
- 🔊 Som 5: Excerto do ficheiro sonoro de IV. Refugees (DuBois, 2009a).
- 🔊 Som 6: Excerto do ficheiro sonoro de V. Women (DuBois, 2009a).
- 🔊 Som 7: Excerto do ficheiro sonoro de VI. Missing (DuBois, 2009a).

Este projecto é um bom exemplo de sonificação, pois consegue, a partir de grandes volumes de dados complexos, transformá-los em som e transmitir ao espectador a tendência geral da evolução da guerra entre o Iraque e os Estados Unidos da América.

#### 2.5.4 QUOTIDIAN RECORD

*Quotidian Record* consiste numa composição musical gravada em vinil (Figura 17 e 18), criada por Brian House, que contém a informação da sua localização ao longo de um ano (House, 2012b; Kirn, 2012).



Figura 17: Capa do vinil *Quotidian Record* (House, 2012b).



Figura 18: Contracapa do vinil *Quotidian Record* (House, 2012b).

Brian (2012a, 2012b; House & Brooks, 2013), através do seu telemóvel, registou todas as suas localizações a partir de 1 de Maio de 2011 durante um ano e, após recolher os dados, desenvolveu um algoritmo que identificasse os locais pela latitude e longitude e o tempo que passava em cada local. O código corresponde assim a uma tabela que mapeia cada local a um intervalo musical ou relação harmónica (House, 2012a, 2012b; House & Brooks, 2013; Vanhemert, 2013). Cada batida da música (Som 8) corresponde a duas horas de tempo e um dia a uma rotação, sendo os 365 dias representados em 11 minutos no vinil (Figura 19), que contém marcas que indicam o tempo e os nomes das cidades visitadas (House, 2012a, 2012b; House & Brooks, 2013).

🔊 Som 8: Excerto da gravação do *Quotidian Record* (House, 2012b).



Figura 19: Vinil criado com a composição musical *Quotidian Record* (House, 2012b).

Embora House tenha pensado em construir mapas para representar os dados, opção mais comum e óbvia para este caso, considerava que o som poderia representar algo que os mapas não seriam capazes: o ritmo dos dados (House & Brooks, 2013; Vanhemert, 2013).

*Quotidian Record* (Vídeo 1) oferece mais do que uma narrativa expressiva e nostálgica, em contrapartida com as alternativas mais comuns de representação de dados, constrói um retrato individual de Brian (House, 2012b). Este projecto acaba por mostrar que o mundo físico, por exemplo os nossos padrões do quotidiano, tem inerentes características musicais e um ritmo próprio que pode ser transformado em música e associado à nossa cultura musical (House, 2012a, 2012b).

▶ Vídeo 1: Registo do funcionamento do vinil (House, 2013a).

### 2.5.5 LIVING SYMPHONIES

*Living Symphonies* (Figura 20) é uma instalação sonora realizada durante o ano de 2014, em quatro florestas de Inglaterra, onde a música é gerada a partir de dados recolhidos do ecossistema de cada floresta (Barber, 2014; Fry & Lewin, 2014).

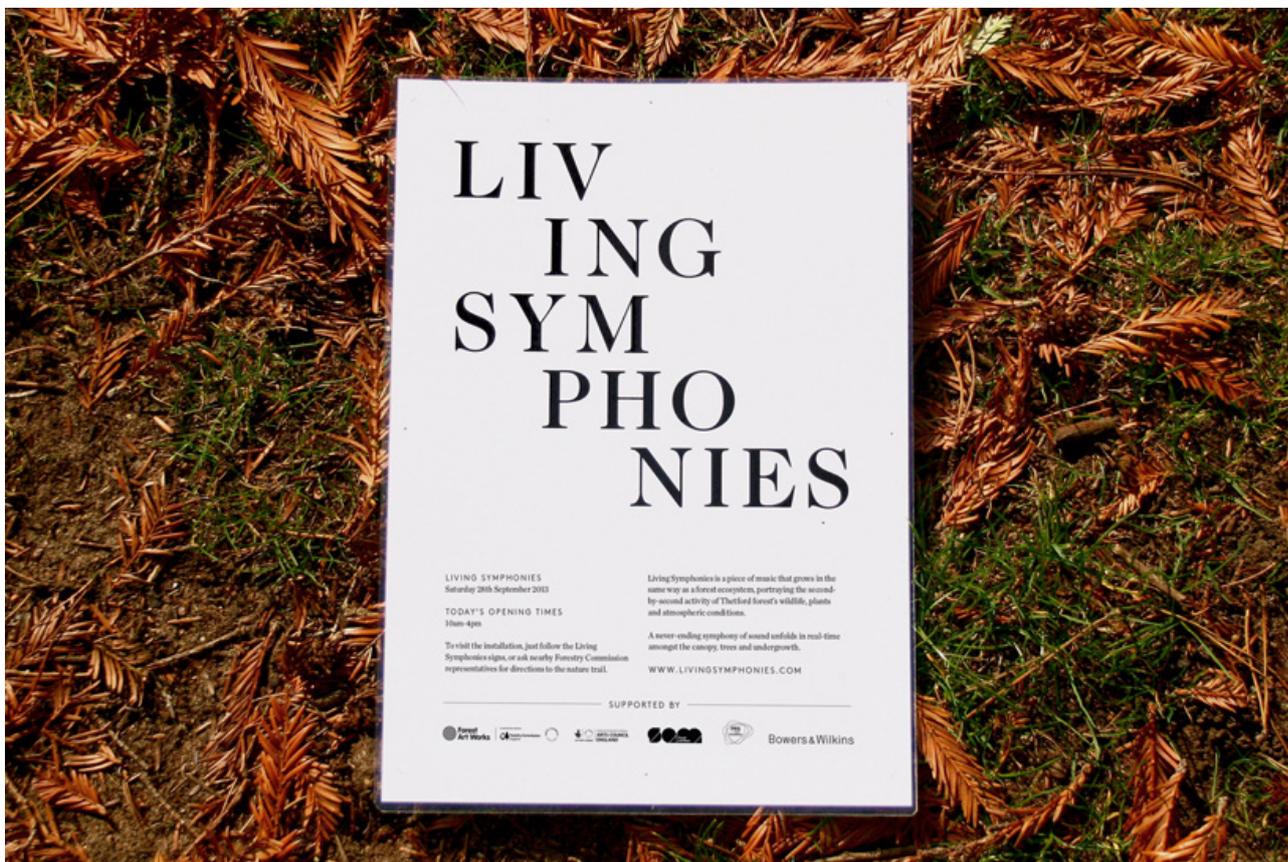


Figura 20: Folha de apresentação da instalação *Living Symphonies* (Fry, 2014b).

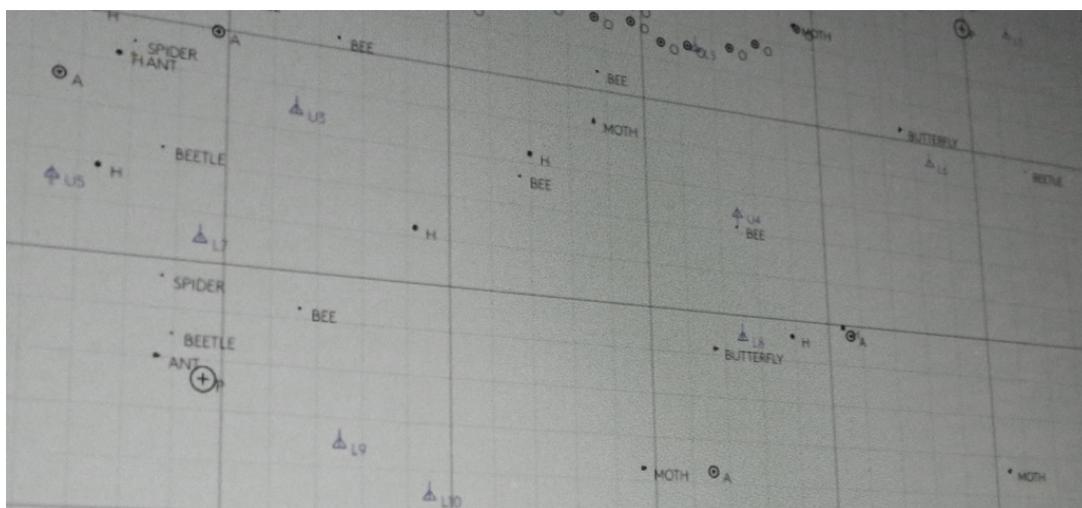


Figura 21: Mapa da localização da instalação *Living Symphonies* ("The Living Symphonies", 2014).

A composição musical reflecte o crescimento do ecossistema florestal, criando um retrato da actividade dos animais, plantas e condições climatéricas do local (Bulley & Jones, 2014; "The Living Symphonies", 2014). Cada floresta era analisada ao detalhe, com a ajuda de ecologistas, para compreender a flora e a fauna existentes e as relações entre o clima e os seres da floresta, por exemplo, em dias chuvosos, animais mais adequados a esse habitat iriam aparecer (Barber, 2014; "The Living Symphonies", 2014). Para cada floresta, é criado um mapa (Figura 21) que estabelece os modelos de relação entre o ecossistema e a vida animal (Bulley & Jones, 2014; "The Living Symphonies", 2014).

Cada animal, árvore ou planta era associado a um conjunto de instrumentos musicais, sendo colocadas várias colunas escondidas na própria floresta (Figura 22), em sítios estratégicos, para representar da melhor forma o movimento de uma borboleta ou a alteração do clima. Todos os sons eram ouvidos em simultâneo, criando uma sinfonia complexa, onde era possível detectar o movimento de padrões entre diferentes locais (Bulley & Jones, 2014; "The Living Symphonies", 2014).



Figura 22: Instalação *Living Symphonies* na floresta de Cannock Chase (Bulley & Jones, 2014).

Este projecto (Figura 23) tira partido da localização espacial do som para criar um retrato da vida florestal fiel à actividade animal. *Living Symphonies* (Vídeo 2) mostra ainda a importância da interdisciplinaridade nos sistemas de sonificação, sendo necessárias parcerias, neste caso com ecologistas, para criar novas formas de experienciar a informação do mundo à nossa volta (Barber, 2014).



Figura 23: Flyer da instalação *Living Symphonies* (Fry, 2014b).



Vídeo 2: Vídeo documental de *Living Symphonies* (Jones/Bulley, 2014).

### 2.5.6 VANISHING

*Vanishing* está inserido num projecto de maiores dimensões – *The Atlas Project* – do Laboratório de Comunicação da Universidade IUAV de Veneza, em Itália (Gioria, Nogarè, & Rao, 2014; A. F. Rao, 2014).

Este projecto consiste na sonificação das espécies que se encontram em extinção, segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (Gioria et al., 2014; A. F. Rao, 2014).

O som (Vídeo 3) é gerado em tempo real por um projecto feito em Max/MSP, que analisa um ficheiro csv e associa a cada classe animal (mamíferos, anfíbios, pássaros, peixes e répteis) uma nota diferente, sendo o número de repetições de cada nota associado ao número de espécies de cada classe (Gioria et al., 2014; A. F. Rao, 2014). Cada dez segundos da composição mostra o número de espécies que entram na *Red List* da IUCN durante esse ano, tendo como apoio visual elementos geométricos (Figura 24) (A. E. Rao, 2015).

Embora o projecto seja relativamente simples, consegue num curto período de tempo transmitir uma grande quantidade de dados e dar ao utilizador um conhecimento geral em relação à evolução e perigo em que se encontram as espécies do planeta.



Vídeo 3: Demonstração do projecto *Vanishing* (A. E. Rao, 2015).

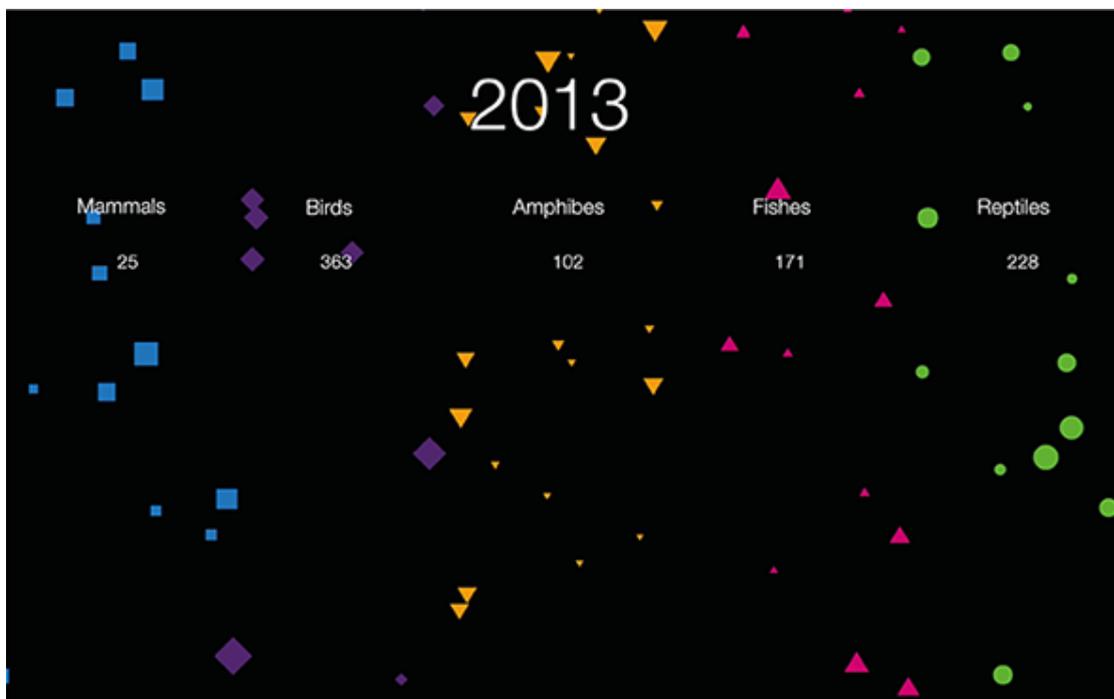


Figura 24: Screenshot do vídeo do projecto *Vanishing* (Gioria et al., 2014).

### 2.5.7 LISTEN TO WIKIPEDIA

*Listen to Wikipedia* é um projecto *open-source* criado por Stephen LaPorte e Mahmoud Hashemi onde o processo de edição que ocorre na enciclopédia *online Wikipedia* é sonificado numa orquestra global (Anderson, 2013; LaPorte & Hashemi, 2013; Wilson, 2013).

Este projecto retira a informação da *Wikipedia* em tempo real da *Wikimon* e transforma-a em som através do uso das bibliotecas *D3.js*, *howler.js* e *SoX* (Anderson, 2013; LaPorte & Hashemi, 2013).

A aplicação pretende comunicar a informação de forma a que a visualização de informação não se sobreponha à sonificação e que a sonificação se adapte aos diferentes níveis de tráfego (Wilson, 2013). Desta forma, quando é adicionada uma entrada é tocado um sino e quando é retirada uma entrada toca um instrumento de cordas, quanto maior a altura do som, menor a edição efectuada (Anderson, 2013; LaPorte & Hashemi, 2013; Wilson, 2013). Os sons tocam numa escala pentatónica, levando a que qualquer que seja a ordem das notas, o resultado sonoro é sempre agradável ao ouvido (Wilson, 2013).

Em termos visuais a aplicação é suportada por uma representação presente na Figura 25, onde os círculos verdes correspondem a edições anónimas, os roxos a edições de computador e os brancos a edições de utilizadores registados (Anderson, 2013; LaPorte & Hashemi, 2013; Wilson, 2013). Uma das características do projecto é o facto de ser possível visualizar os títulos das publicações que estão a sofrer actualizações (Wilson, 2013).

*Listen to Wikipedia* permite assim retirar informação de como se processa a actualização dos conteúdos da *Wikipedia*, quais os principais editores, os temas que sofrem mais alterações e a evolução geral desta tão grande enciclopédia *online* (Wilson, 2013).

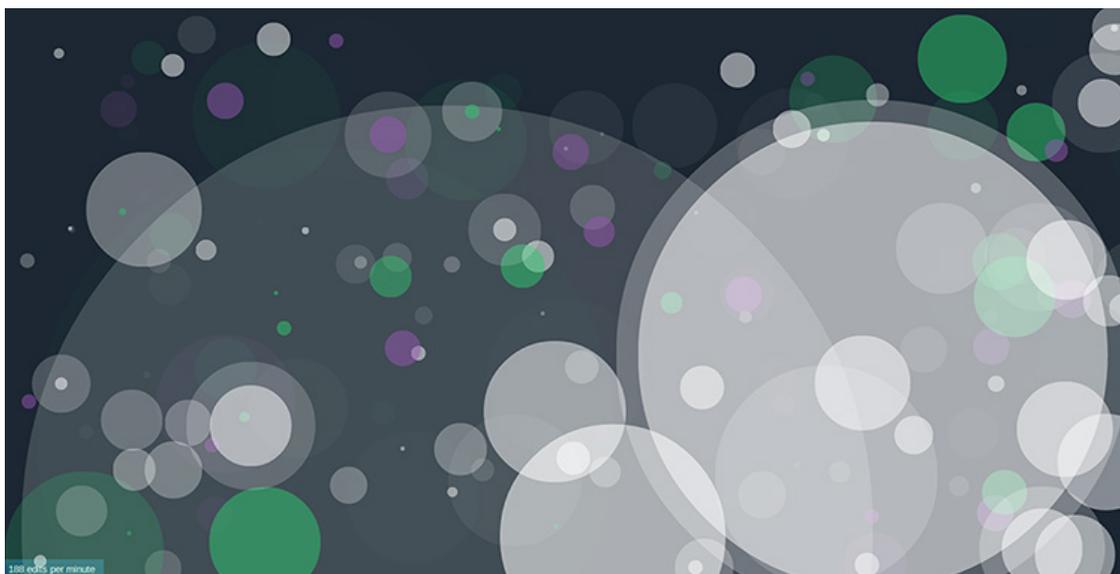


Figura 25: Screenshot da aplicação *Listen to Wikipedia* (Wilson, 2013).

### 2.5.8 SONIC PARTICLES 2.0

*Sonic Particles 2.0* é uma sonificação em tempo real de dados ambientais urbanos (Skov, 2015a; "Sonic Particles 2.0", 2015). Este projecto foi criado no âmbito dum concurso internacional de visualização de dados – *Data Canvas: Sense Your City* (Skov, 2015a). Antes do concurso foram colocados sensores em sete cidades diferentes: São Francisco, Bangalore, Boston, Genebra, Rio de Janeiro, Xangai e Singapura, sendo possível aos participantes obter em tempo real informação do ambiente destas cidades (Skov, 2015a; "Sonic Particles 2.0", 2015).

Nesta aplicação (Figura 26) é possível seleccionar umas destas cidades no mapa e ouvir a sonificação dos seus dados através de diferentes sons, cada um associada a um tipo de dado – temperatura, luz, poluição, humidade, pó e ruído – que controla as características do som correspondente (Skov, 2015a; "Sonic Particles 2.0", 2015).



Figura 26: Screenshot da aplicação *Sonic Particles 2.0* (Skov, 2015a).

O resultado da composição evolui de acordo com o aumento e diminuição dos dados mapeados, que são chamados de 5 em 5 segundos reflectindo as medições mais recentes em cada cidade ("Sonic Particles 2.0", 2015). É, ainda, possível filtrar as diferentes *layers* de informação e isolar uma específica (Skov, 2015a).

A sensibilidade da audição permite diferenciar os diferentes níveis de informação em cada cidade ("Sonic Particles 2.0", 2015). O resultado sonoro leva a que a cidade seleccionada tenha a sua própria composição musical (Som 9) diferente das restantes (Skov, 2015a; "Sonic Particles 2.0", 2015).

*Sonic Particles 2.0* (Vídeo 4) permite assim transformar dados ambientais abstractos em som e criar uma representação musical estética de diferentes ambientes urbanos (Skov, 2015a).

 Som 9: Excerto da sonificação do Rio de Janeiro (Skov, 2015c).

 Vídeo 4: Apresentação e demonstração do projecto *Sonic Particles 2.0* (Skov, 2015b).

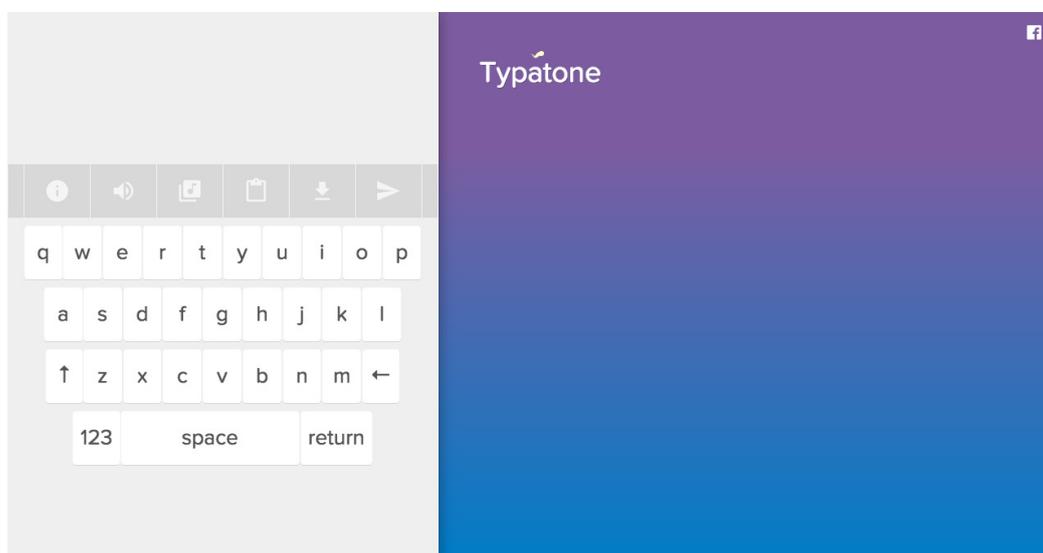
### 2.5.9 TYPATONE

*Typatone* é um projecto desenvolvido por Jono Brandel e Lullatone onde é criada uma aplicação que produz música a partir de uma mensagem que é escrita (Brandel, 2015). Este mapeamento é feito a partir de um estudo da Universidade Cornell sobre a ocorrência de letras na língua inglesa, levando a que cada letra escrita corresponda a uma nota musical específica, sendo que quanto menos frequente é a letra, mais grave é a nota que lhe é associada (Brandel, 2015; Miller, 2015). O resultado sonoro (Vídeo 5) é uma melodia única que é tocada à medida que se escreve o texto (Figura 27), que é também influenciada pela hora do dia em que a composição é escrita (Brandel, 2015; Miller, 2015).

Este sistema acaba por criar uma alternativa de notação para a escrita musical, criando uma nova perspectiva para o processo de criação (Brandel, 2015).

 Vídeo 5: Apresentação do projecto *Typatone* (Lullatone, 2015).

Figura 27: Screenshot da aplicação Typatone ("Typatone").



### 2.5.10 POETRY ON THE ROAD

*Poetry on the Road* é um festival de literatura internacional que decorre todos os anos em Bremen, Alemanha (Müller, 2002). Desde 2002, Boris Müller, em colaboração com o *atelier Jung und Pfeffer*, cria a identidade do evento, tendo sempre como base a criação de todos os elementos visuais por computador (Figura 28), através da transformação de textos em imagens (Müller, 2002). Assim, cada imagem criada é uma representação directa de um texto específico, normalmente seleccionado a partir dos poemas dos participantes do festival (Müller, 2002).

No ano de 2006, a criação da imagem (Figura 29) baseou-se na codificação de texto em números, cada letra tinha um número, organizando o poema numa forma circular, onde o diâmetro do círculo estava relacionado com o comprimento do poema (Figura 30) e as ligações estabelecidas pelas linhas representavam a sequência do poema (Müller, 2006).



Figura 28: Cartaz de *Poetry on the Road* de 2013 (Müller, 2013).

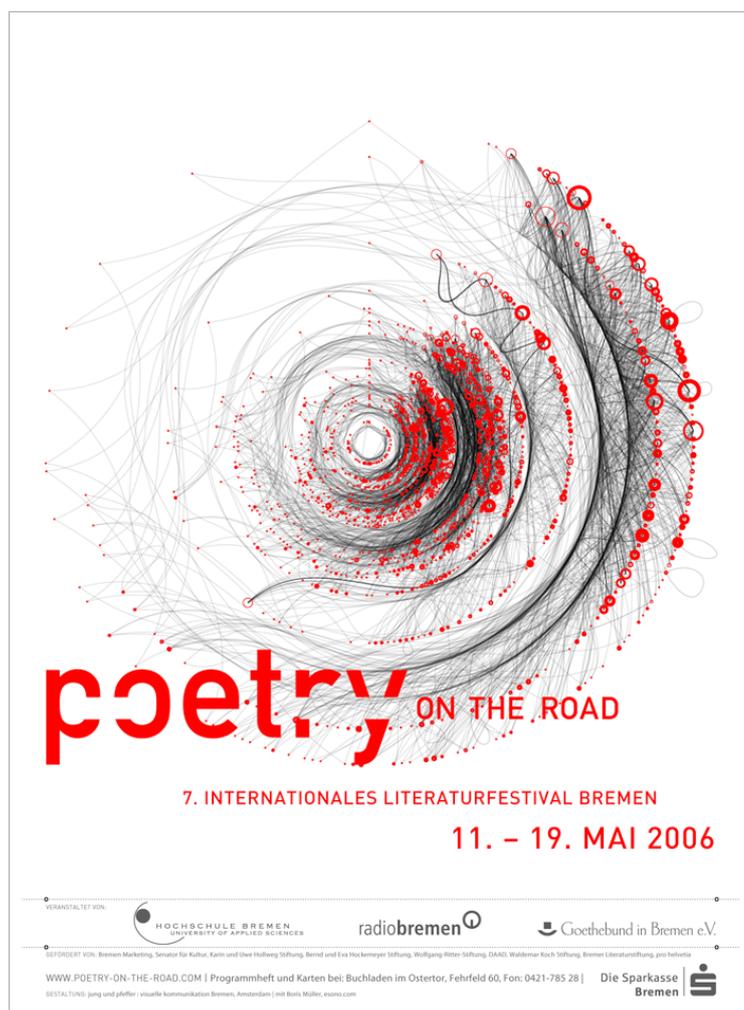


Figura 29: Cartaz de *Poetry on the Road* de 2006 (Müller, 2006).

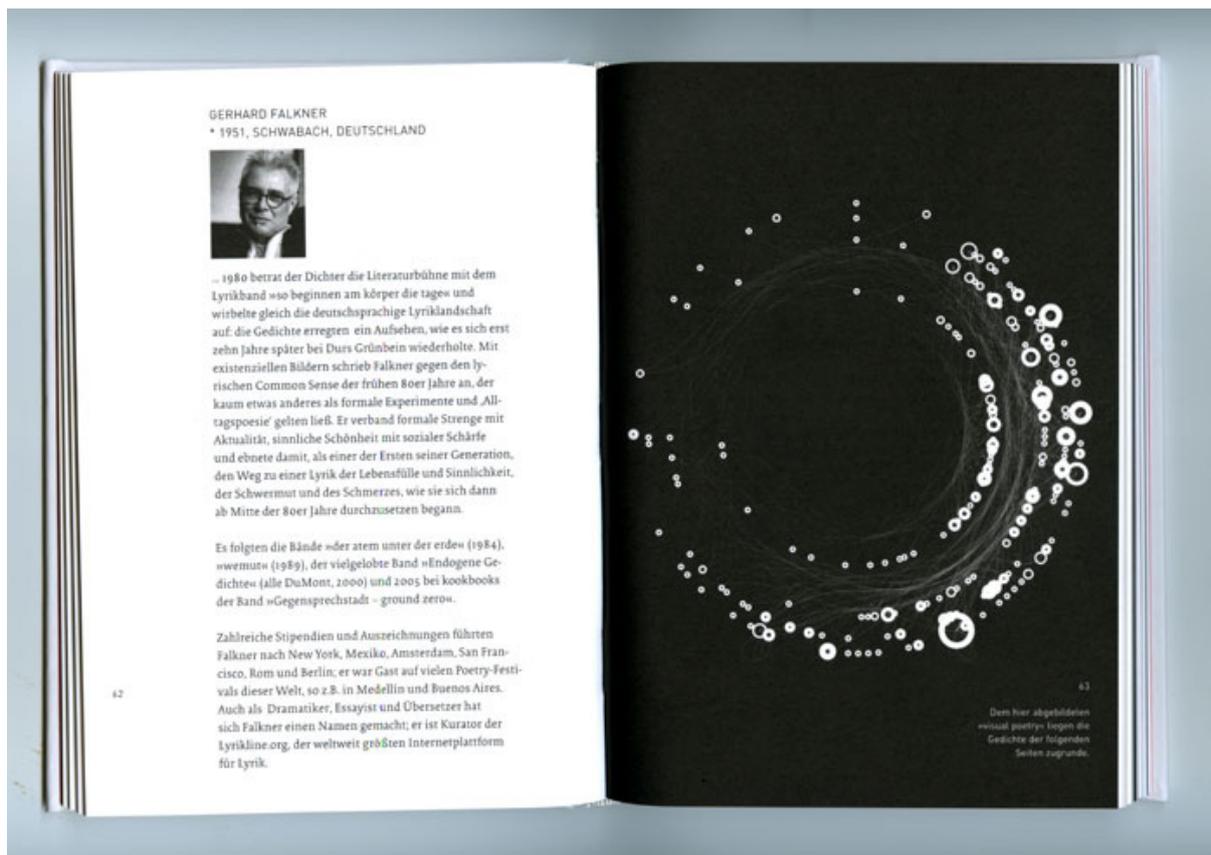


Figura 30: Aplicação da identidade de 2006 de *Poetry on the Road* (Müller, 2006).

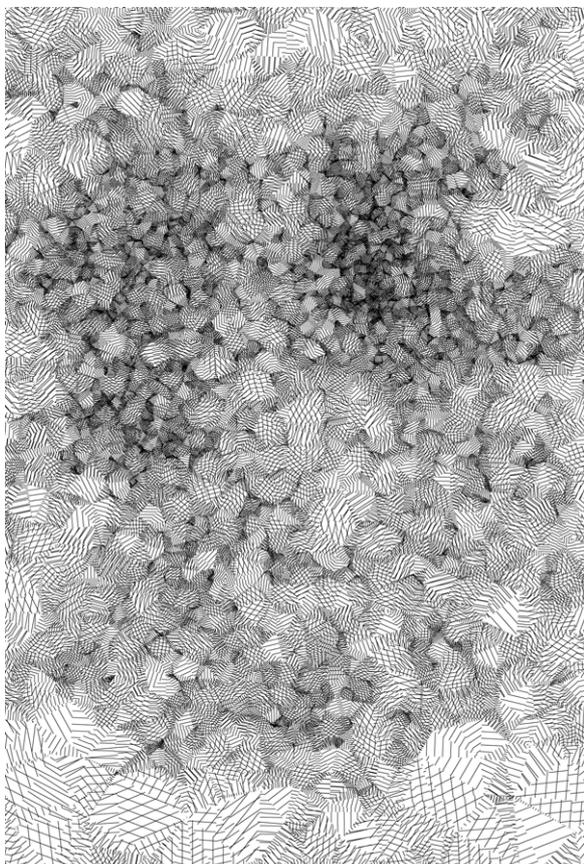


Figura 31: Padrão criado para a identidade de 2012 de *Poetry on the Road* (Müller, 2012).

Em 2012, a identidade explorava a densidade dos poemas (Figura 31), usando um sistema de partículas, onde cada palavra correspondia a uma partícula, que exerciam forças entre si e no fim criavam diagramas *voronoi* (Müller, 2012).

Embora este projecto não envolva sonificação como todos os outros casos explorados anteriormente, achei importante referi-lo, pelo facto de explorar a poesia e as suas diferentes formas de representação visuais, relacionando-se com o projecto desenvolvido em dissertação.



## **2.6 Análise do Estado da Arte**

O som é um elemento de grande importância e está presente constantemente no nosso dia-a-dia sem pensarmos nisso. É através dele que comunicamos com outras pessoas, que relaxamos depois de um longo dia de trabalho, que somos avisados de uma chamada pelo telemóvel. No entanto, ignoramo-lo, talvez por ser tão intrínseco à nossa existência, não nos apercebemos do seu significado e potencial que poderia ser explorado. Apesar da maioria da informação nos chegar através do som, pela televisão, rádio, diálogo, continua-se a preferir a forma visual para comunicar, afectando todas as áreas desde o trabalho numa fábrica ao Design.

O elemento gráfico é essencial no Design para a criação de uma identidade, para comunicar uma mensagem ou transmitir informação e, embora o som seja um elemento informativo, são raros os casos em que é utilizado como elemento do design. O mesmo se aplica na evolução das interfaces de computador: embora o lado visual tenha sido explorado à exaustão, a parte sonora dos programas de computador é simplificada ou inexistente (McGee, 2009). Pouca é a exploração do som, existindo um grande desequilíbrio das capacidades perceptivas humanas usadas pelo computador (Hermann & Hunt, 2005).

Apesar de tudo, o som tem ganho uma importância acrescida nos últimos anos, com a evolução tecnológica, que o tem usado cada vez mais como forma de comunicação.

A exploração do som como método de comunicação de informação tem extrema importância, tal como Krygier (1994) refere: "It is necessary to explore the ways in which we can take full advantage of human perceptual and cognitive capabilities in our visualization designs." (p. 162). O homem tem um sistema auditivo sempre activo e poderosíssimo: a capacidade de detectar variações de características sonoras ou de criar um espaço sonoro, que pouco é explorada e utilizada no dia-a-dia (McGee, 2009).

No entanto, a Sonificação já se encontra a dar os primeiros passos nesta exploração. Este campo tem os mesmos princípios da Visualização de Informação: dar ao utilizador uma forma de leitura e compreensão simples dos dados, o primeiro através do som e o segundo através do elemento gráfico, levando a que o utilizador não tenha de realizar um estudo exaustivo para compreender a informação.

A Sonificação surge numa altura crucial, uma vez que nos encontramos na era da informação, onde o número de dados a que somos expostos é cada vez maior e para o qual temos cada vez menos tempo para perceber e interpretar. A Visualização de Informação, mesmo sendo eficaz na maioria dos casos, começa a ser insuficiente devido a este aumento significativo de informação que temos sofrido.

O campo da Sonificação foi, embora sem conhecimento real de que estava a ser explorado, aplicado há já muitos anos, em instrumentos científicos, como é o caso do estetoscópio, do contador Geiger e outros (Frazier, 2013). A área de aplicações da sonificação é muito vasta, pode passar desde interfaces humano-computador, sistemas de controlo em fábricas, investigação científica, educação ou apoio a pessoas com deficiência visual (Frazier, 2013; Kramer et al., 2010; Minciocchi & Rosenboom, 2015). Esta variedade de campos deve-se também às inúmeras técnicas existentes de criação de sonificação, que permitem escolher a melhor abordagem para cada caso específico.

No entanto, através da análise da área, é possível detectar inúmeras fragilidades que advêm, principalmente, de ser ainda uma área bastante recente. Este facto leva, a meu ver, à existência de três problemas principais que causam o lento progresso desta área: a não definição da Sonificação como uma área de investigação, o grande desconhecimento em relação à percepção auditiva humana e a falta de tecnologia capaz de satisfazer completamente os requisitos deste campo.

O facto da Sonificação não estar totalmente estabelecida como disciplina e área de investigação leva a que, muitas vezes, seja posta de lado em relação a outras formas de representação de informação. Outra das consequências é não existirem metodologias padrão a seguir e informação teórica suficiente, o que dificulta o desenvolvimento de um projecto de sonificação.

Em relação à percepção auditiva, embora seja uma área com grande investigação e se saiba que o homem tem grandes capacidades perceptivas, pouco se sabe acerca de como são interpretados um grande conjunto de fontes sonoras, como se influenciam as diferentes características perceptivas e como o utilizador experiencia sistemas que envolvem mais do que um tipo de representação (por exemplo, visual e sonora).

Quanto à tecnologia disponível, esta é ainda muito complexa e, por vezes, limitadora das potencialidades da Sonificação. A não existência de programas *standard* ou quando existem serem pouco documentados, impossibilita um não especialista de realizar sonificação, o que se fosse solucionado, poderia impulsionar a expansão deste campo (B. N. Walker & Kramer, 1996).

Estas fragilidades também são possíveis de identificar na análise dos trabalhos relacionados, que existem num número reduzido e são, na sua maioria, explorações muito simples de sonificação e pouco documentadas. Consequentemente, a exploração e investigação nesta área é dificultada, pois não há informação suficiente para ser analisada e extrapolada para a criação de conclusões significativas para o campo.

Apesar de tudo, é possível retirar ao longo destas últimas páginas que o campo da Sonificação tem um grande potencial quando devidamente explorado, embora ainda se encontre a um nível técnico e conceptual igual ao da Visualização de Informação há umas décadas atrás (B. N. Walker & Kramer, 1996). Com o crescimento do estabelecimento da área, dos conhecimentos necessários e da tecnologia requerida, a Sonificação poderá transformar a forma como vemos a informação e interagimos com ela (Hermann & Hunt, 2005).



### **3 ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Neste capítulo serão mais detalhadamente exploradas algumas características da dissertação referidas na introdução. Serão definidos os objectivos e funcionalidades do projecto desenvolvido, o processo seguido para atingir estas funcionalidades, os problemas a ultrapassar e os resultados que se pretendem criar no final deste estudo. Por último, será ainda apresentado o plano de trabalhos devidamente explicitado.



## OBJECTIVOS

Com a realização desta dissertação pretende-se atingir um conjunto de objectivos que influenciam a orientação do projecto e os métodos de trabalho utilizados. Como objectivos base, tenciona-se:

- Compreender como é feito o processo de sonificação e de que forma são aplicadas as técnicas exploradas.
- Identificar os problemas dos projectos de sonificação existentes e como estes perturbam a experiência do utilizador.
- Encontrar formas de solucionar as falhas existentes nos projectos de sonificação, melhorando os resultados e conhecimentos obtidos.
- Criar um processo de sonificação diferente e aplicado à Literatura, mais especificamente à Poesia.
- Analisar a obra *Os Lusíadas* e identificar divisões, características estruturais e fluxos narrativos.
- Criar um novo processo de leitura e interpretação da obra *Os Lusíadas*.
- Conceber um programa capaz de mapear a informação oriunda de um processo literário – *Os Lusíadas* – num processo sonoro ou musical dinâmico, tanto com valor informativo, como estético.
- Obter resultados musicais capazes de reflectir a estrutura externa e sequencial d'*Os Lusíadas*.
- Construir um sistema que permita ao utilizador uma navegação e experiência sonora pela obra, de forma personalizada e com diferentes níveis de detalhe.

O conjunto de dados sonificados tem como base a obra literária *Os Lusíadas* de Luís de Camões, desenvolvendo-se um programa capaz de mapear esta informação num processo sonoro com diferentes funcionalidades, através do *software* Max/MSP, Processing e o sequenciador Ableton Live 9 Lite.

Esta aplicação informática desenvolvida pretende ser um sistema interactivo que ofereça ao utilizador a possibilidade de navegação e escolha das partes que pretende ouvir, criando assim uma forma personalizada de experienciar a obra segundo cada utilizador. Tenciona-se também a inclusão de diferentes níveis de detalhe que permitam retirar da sonificação vários tipos de informação.

Este projecto de sonificação tem ainda como objectivo usar a visualização de informação como elemento auxiliar para a orientação do utilizador na plataforma e como forma de legendagem da informação que seja necessária.

No campo em que os dados se inserem – a Poesia –, pretende-se que o desenvolvimento deste projecto permita criar um novo processo de leitura e interpretação d'*Os Lusíadas*, que tire partido da informação já existente mas comunicando-a de forma inovadora.

## PROCESSO

Para ir ao encontro dos objectivos anteriormente estabelecidos, o processo de desenvolvimento do projecto está dividido em duas etapas, como explicitado na Figura 32:

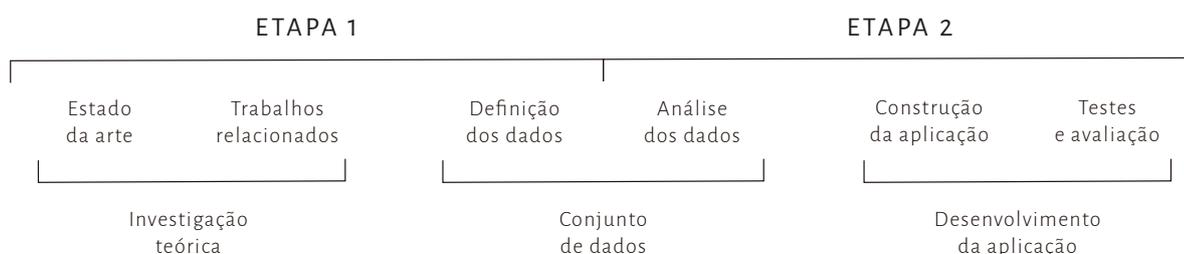


Figura 32: Esquema elucidativo do processo seguido.

- Etapa 1: Investigação, tanto da área da Sonificação, como da escolha e estudo do conjunto de dados a representar, desenvolvida essencialmente durante o primeiro semestre e continuada no segundo semestre como forma de colmatar dúvidas e actualizar a investigação. Exploração do campo da Sonificação através do levantamento do seu estado da arte que inclui: a definição da área, o que já foi feito ao nível da Sonificação, o seu campo de aplicação, as diferentes abordagens possíveis, as tecnologias de apoio existentes e uma análise dos problemas e desafios que este tema ainda enfrenta. Esta etapa inclui igualmente o levantamento e análise de trabalhos que, de uma forma directa ou indirecta, estão relacionados com o trabalho de sonificação que aqui se apresenta. Ao nível do conjunto de dados, o objectivo é fazer uma análise da obra *Os Lusíadas*, definir os dados a ser trabalhados e representados, assim como as diferentes formas de leitura e divisão da obra.
- Etapa 2: Desenvolvimento prático da aplicação proposta e posterior documentação dos resultados obtidos. O desenvolvimento da aplicação teve como ponto de partida a exploração preliminar de algumas características e o seu mapeamento simples, a que se junta a criação do modelo de interacção da aplicação e respectivas funcionalidades. Posteriormente, foram aplicadas e exploradas diferentes técnicas de sonificação para obter o melhor resultado sonoro possível, terminando com uma avaliação e documentação do projecto. Esta etapa ainda inclui uma continuação da análise do conjunto de dados iniciada na etapa anterior, de acordo com as exigências do desenvolvimento da aplicação.

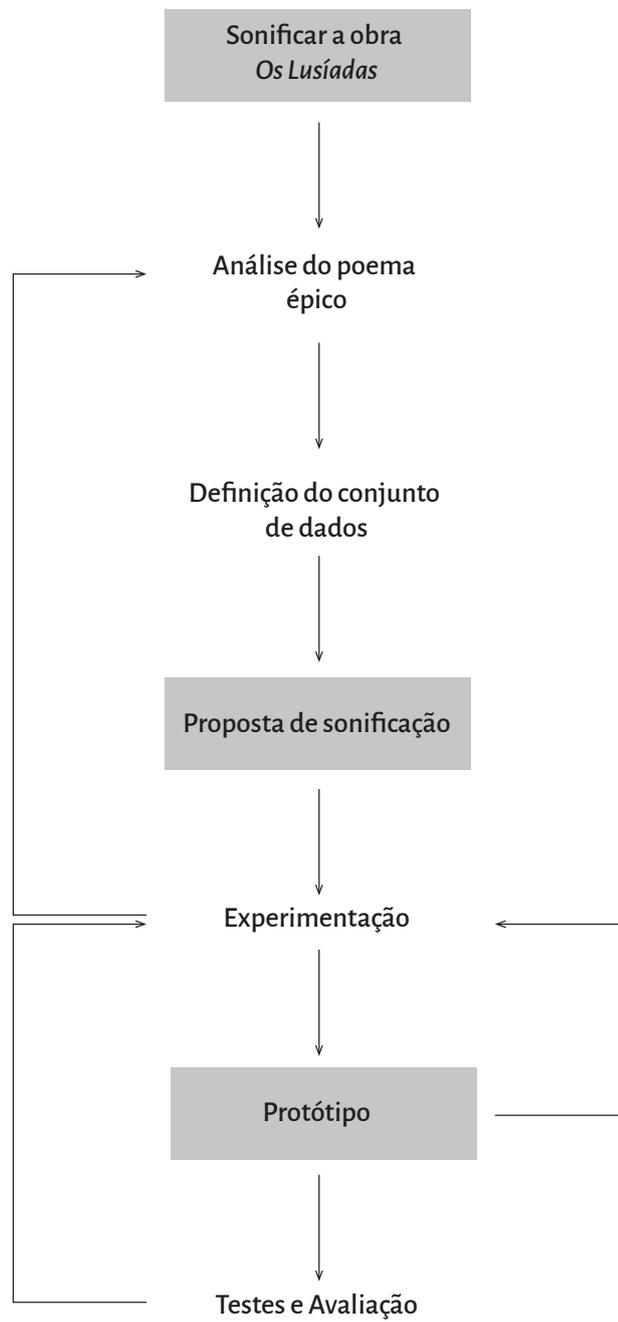


Figura 33: Abordagem implementada no desenvolvimento da aplicação.

A abordagem seguida no desenvolvimento da aplicação (Figura 33) é então a de *Design Science Research* (DSR), uma vez que se foca na procura de uma solução para criar um projecto de sonificação adequado aos dados escolhidos – *Os Lusíadas*. Para isso, inicialmente pretendeu-se compreender a área que está a ser explorada através da análise da obra, com a posterior criação de uma proposta de desenvolvimento do produto, seguindo-se a experimentação, a partir do que foi anteriormente definido, e elaboração do protótipo – o artefacto. Por fim, os testes e avaliação do projecto, através da aplicação de testes de usabilidade e posterior documentação e reflexão sobre o projecto desenvolvido.

## PROBLEMAS A RESOLVER

Os problemas a resolver no desenvolvimento desta dissertação estão em muito relacionados com os desafios que a Sonificação enfrenta. É necessário analisar a melhor abordagem para transformar os dados, para que o projecto de sonificação não seja confuso e complexo de interpretar. A forma de representar um grande número de variáveis deve ser vista em detalhe, pois o resultado caso envolva muitos sons distintos ou manipule várias características sonoras ao mesmo tempo, pode levar a que a informação não seja compreendida pelo utilizador. Este aspecto pode tornar-se um problema, porque embora se pretenda que o projecto tenha valor estético a nível musical, tem de comunicar, pois sem isso não é um sistema de sonificação eficiente.

Outro problema que se pretendeu solucionar com o desenvolvimento da aplicação é a forma de comunicação dos resultados sonoros ao utilizador. A plataforma deve ser de fácil utilização, mas a melhor forma de apresentar os dados, é uma decisão que deve ser devidamente analisada.

A integração da Visualização de Informação, com o intuito de auxiliar o sistema sonoro, pode ser um problema, pois é necessário saber como interligar a sonificação e visualização de informação para que o projecto permaneça fundamentalmente sonoro. Embora os sistemas multimodais tenham sucesso, é necessário analisar devidamente até que ponto a visualização de informação não irá afectar o que está a ser ouvido e altere o modo de interpretar os dados sonoros.

Outro dos problemas a ultrapassar no desenvolvimento deste projecto foi a escolha das melhores tecnologias para a sua construção. Como o campo da Sonificação é recente, as tecnologias que permitem o desenvolvimento de um sistema sonoro são muitas vezes limitadores ou complexas, sendo necessário avaliar consoante o tipo de aplicação a desenvolver quais as melhores tecnologias a utilizar.

## RESULTADOS

Este projecto tem como resultado principal a aplicação informática que me propus realizar, embora os contributos deste sistema afectem diversas áreas.

A nível teórico, pretende-se que esta dissertação contribua com um documento que aglutine de forma concisa e clara a informação geral acerca da Sonificação, podendo ajudar à falta de documentação existente na área.

Em relação à aplicação, idealiza-se a construção de um projecto de sonificação inovador e que analisa um campo até então pouco ou nada abrangido pela Sonificação – a Literatura. Os projectos sonoros existentes estão principalmente ligados a áreas científicas onde o conjunto de dados é maioritariamente números e não palavras, podendo este projecto contribuir para demonstrar a vasta aplicabilidade da Sonificação a áreas que não são tão associadas à representação de dados.

Ao nível da Literatura, mais especificamente no campo da Poesia, esta dissertação pode também oferecer uma nova abordagem de análise de texto, que poderá criar novas formas de leitura da épica camoniana, mais focada no lado subjectivo e dinâmico do texto.

Na área do Design, pretende-se que este projecto contribua para demonstrar a importância do som como elemento de design, que pode ser usado da mesma forma que o elemento gráfico: para comunicar. Nesta área ainda está inserido o desenvolvimento da imagem do projecto necessário para a apresentação e comunicação devida da aplicação.

## PLANEAMENTO DE TAREFAS

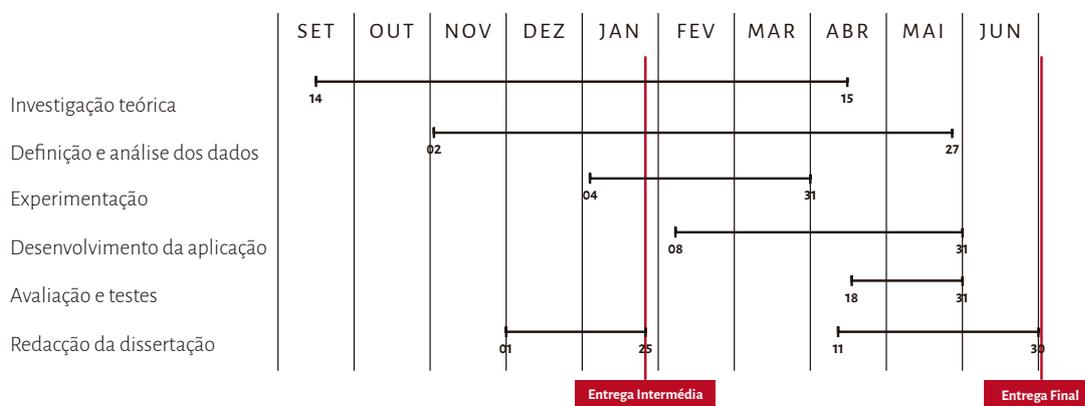


Figura 34: Cronograma do planeamento de tarefas original.

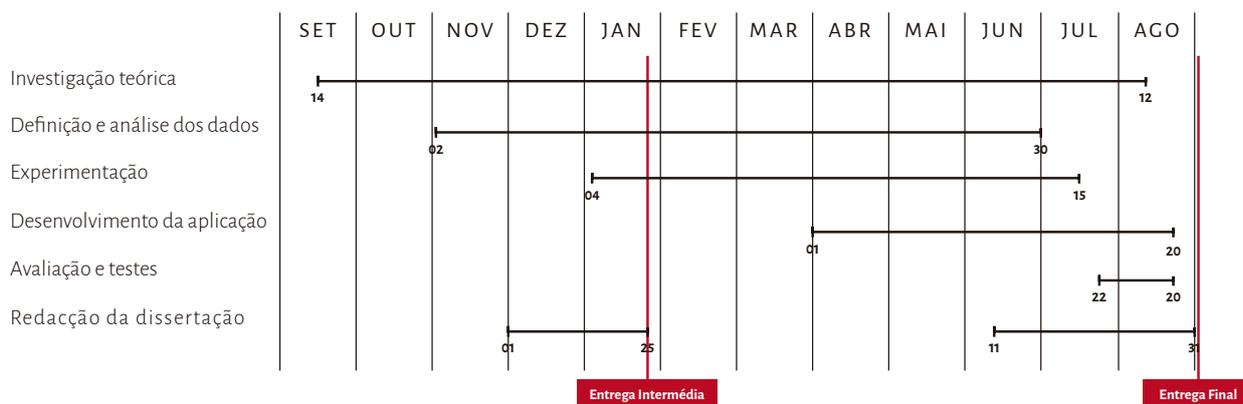


Figura 35: Cronograma do planeamento de tarefas final.

Na Figura 34 está representado o cronograma de tarefas original. No entanto, devido ao prolongamento da entrega final do projecto para a época especial, o cronograma de tarefas foi reajustado de acordo com o tempo adicional e o progresso do trabalho. Assim o cronograma de tarefas seguido está representado na Figura 35.

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se no 1º semestre com a investigação teórica que foi a tarefa com mais importância na primeira fase de trabalho e que após a entrega intermédia foi continuada para obter informação sobre áreas ainda pouco conhecidas e actualizar os conteúdos recolhidos. Este valor significativo dado à investigação deve-se ao facto de ser de extrema importância compreender como, até agora, foram desenvolvidos projectos de sonificação, identificar os problemas e erros cometidos e tentar criar, a partir destes dados, um exercício mais vocacionado para o que se pretende representar e que tente colmatar as falhas de outros projectos da área. Com o prolongamento da entrega final para 1 de Setembro, a investigação teórica anteriormente prevista até 15 de Abril, foi estendida para 12 de Agosto, para ser uma tarefa feita simultaneamente e de acordo com as exigências da aplicação, para que esteja actualizada em relação ao estado da arte da área e que foi ao encontro das necessidades exigidas durante a escrita final da dissertação.

Em relação ao conjunto de dados, esta tarefa iniciou-se em Novembro com o objectivo de explorar as várias opções de dados existentes, sendo escolhida a obra *Os Lusíadas*. Esta foi alvo de análise até à meta intermédia para compreender as características que poderiam ser sonificadas. No entanto, esta tarefa acabou por ser estendida até ao fim de Junho, uma vez que foi necessária a construção da base de dados a partir dos dados que se pretendiam sonificar e, também, devido ao facto da experimentação levar a que fossem feitas algumas alterações nas características a mapear, eliminando aspectos anteriormente considerados e adicionando novos dados que se consideraram relevantes. Outro dos aspectos que levou a que esta tarefa ocupasse um grande período de tempo foi o facto de ser necessário fazer uma análise aprofundada da obra para criar formas de organizar os diferentes tipos de informação e prepará-la para poder ser mapeada em som. Este processo exigiu uma contínua releitura da obra e actualização constante dos dados recolhidos.

A terceira tarefa do cronograma é a experimentação, iniciada já antes da entrega intermédia de forma a criar uma prova de conceito do que se pretendia realizar. Esta tarefa foi estendida até 15 de Julho devido à exploração de várias técnicas de sonificação disponíveis, ao mapeamento de dados e à escolha das abordagens mais adequadas. As crescentes descobertas feitas durante a experimentação a nível das técnicas de sonificação e das limitações das tecnologias utilizadas obrigou a que esta tarefa se prolongasse mais do que o desejado. Foi necessário uma readaptação de algumas funções previstas de forma a ir ao encontro de um resultado mais eficiente e de acordo com as capacidades das tecnologias envolvidas.

O facto da experimentação ter sido estendida levou a que o desenvolvimento da aplicação se iniciasse mais tarde, de forma a poder implementar as funções já testadas e experimentadas. Esta tarefa desenvolveu-se, aproximadamente, durante cinco meses, no sentido de construir um sistema interactivo que permitisse ao utilizador compreender *Os Lusíadas* através de diferentes opções disponíveis. O desenvolvimento da aplicação prolongou-se até 20 de Agosto de forma a readaptar-se o projecto de acordo com os resultados obtidos nos testes da aplicação.

No último mês de construção da aplicação (a partir de 22 de Junho) foram feitos em simultâneo a avaliação e testes da aplicação com diferentes utilizadores, a fim de compreender como a aplicação seria recebida pelo utilizador, até que ponto o projecto atingia os objectivos propostos e como poderia ser melhorado.

A última tarefa do cronograma, a redacção da dissertação, processou-se em dois momentos: um primeiro com a duração de cerca de dois meses e que terminou com a entrega intermédia da dissertação; e um segundo que se iniciou a meados de Junho e termina aquando a entrega final, de forma a documentar todo o desenvolvimento do projecto.

## **4 SONIFICAÇÃO D'OS LUSÍADAS**

Este capítulo documenta uma proposta para a sonificação d'*Os Lusíadas* e a análise necessária à sua construção. Inicialmente, será introduzida a temática da obra com uma contextualização temporal e um levantamento das suas principais características. Posteriormente, será definido o conjunto de dados a sonificar e serão explicitadas as funcionalidades principais da aplicação desenvolvida. Por último, serão abordadas as tecnologias usadas na construção da aplicação e como foram realizados os diferentes mapeamentos existentes na sonificação.



## 4.1 Os Lusíadas

A obra *Os Lusíadas* de Luís de Camões (1524-1580) tem sido alvo de inúmeras análises ao longo do tempo, tendo-se estudado de tudo o que o poema contém: a história, as personagens, a fauna, a flora, a astronomia, a geologia (Sena, 1980). O livro foi apresentado pela primeira vez por Luís de Camões a D. Sebastião, a quem dedica o poema, e foi publicado em 1572 (Figura 36) (Pais, 1994).

A obra insere-se no género épico, género literário que vem da antiguidade greco-latina e é, à semelhança da *Eneida* de Virgílio, *Iliada* e *Odisseia* de Homero, uma epopeia, pois é escrita em verso, num estilo elevado que pretende engrandecer os feitos dos heróis da obra, neste caso, o povo português (Camões, 2011; Gaio, n.d.; Pais, 1994).

*Os Lusíadas* surgem, pela mão de Camões, da necessidade de fazer renascer o estilo épico e da vontade de glorificar os feitos portugueses caracterizados pelos Descobrimentos (Pais, 1994). Antes d'*Os Lusíadas* muitas foram as tentativas de trazer de volta este género, mas apenas Camões foi capaz de juntar a visão grega, associada ao mítico e ao pagão, com a visão católica da sociedade europeia do séc. XVI (Pais, 1994). A obra narra a viagem de Vasco da Gama à Índia e através desta história conta os feitos passados dos portugueses e enaltece a força do seu povo (Sena, 1980). Nas páginas seguintes será desenvolvido com mais detalhe o contexto em que surge a obra e as suas características principais.

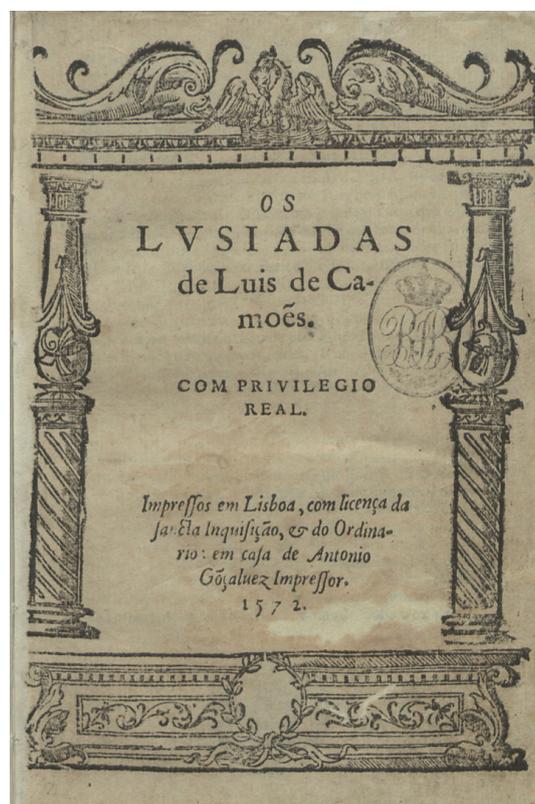


Figura 36: Capa de uma das primeiras edições d'*Os Lusíadas* ("Os Lusíadas", 2012).

#### 4.1.1 CONTEXTO HISTÓRICO-TEMPORAL

O século XVI é marcado pela desintegração do sistema feudal (cf. Glossário) que provoca um grande crescimento económico na Europa, pela produção artesanal, agrícola e mercantil, pelas primeiras manufacturas e pelos Descobrimentos portugueses e castelhanos (Pais, 1994; Silva, Cardoso, Moreira, & Rente, 2015). Os Descobrimentos permitiram não só a expansão do território português, como também o conhecimento de outras civilizações, costumes e saberes (Pais, 1994; Silva et al., 2015). Também a invenção da imprensa por Gutenberg, em meados do séc. XVI, veio revolucionar a comunicação de ideias e notícias.

Estes dois acontecimentos, os Descobrimentos e a imprensa, levaram a que aumentasse a crença sobre as capacidades do homem e o espírito crítico, associado também a um interesse crescente pela cultura greco-latina (Pais, 1994). Este período, chamado de Renascimento (cf. Glossário), torna-se num ponto de viragem em relação à desmistificação das concepções medievais e à centralização do homem como valor máximo – antropocentrismo (cf. Glossário).

Em Portugal, esta época é principalmente marcada pela influência europeia com as suas ideias renascentistas e pelas novas realidades conhecidas através dos Descobrimentos (Pais, 1994). Segundo António Saraiva (1997), a descoberta geográfica é tida como o acontecimento renascentista mais importante, pois afirma o sentimento empreendedor e aventureiro que motivava os homens a estas viagens, a sua capacidade de superar as forças da natureza (o mar) e torna possível a criação de um elo de comparação entre estes acontecimentos e os da antiguidade.

Os humanistas portugueses tinham consciência do carácter épico da história nacional, o que associado à contínua assimilação dos princípios clássicos na literatura, motiva à criação de uma epopeia nacional, que surge pela autoria de Camões (Camões, 2011; Pais, 1994; Saraiva, 1997). Saraiva (1997) reforça esta ideia: "É fácil demonstrar que *Os Lusíadas* são um produto erudito do humanismo, e não a florescência de uma planta de raízes populares. Desde logo é evidente que Camões tem os olhos postos, constantemente, na antiguidade. Para cada herói português encontra ele um paralelo grego ou latino, ou ainda dos povos perpetuados pelos historiadores latinos ou gregos." (p.127).

#### 4.1.2 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

"*Os Lusíadas* são uma obra solidamente estruturada, em que os paralelismos e as recorrências temáticas se organizam equilibradamente, para construir uma construção harmónica e significativa." (Sena, 1980, p. 83).



Figura 37: Estrutura geral do poema *Os Lusíadas*.

A estrutura externa do poema (Figura 37) tem um total de 1102 estrofes de oito versos cada (oitavas) e dividi-se em 10 partes – cantos (Gaio, n.d.; Pais, 1994; Sena, 1980). Cada canto tem um número variável de estrofes, perfazendo uma extensão média de 110 estâncias por canto (Gaio, n.d.; Sena, 1980). Os versos são decassilábicos – constituídos por 10 sílabas métricas – e a estrofe tem um esquema rimático constante (Figura 38) ao longo de todo o poema, constituído por rima cruzada nos seis primeiros versos e rima emparelhada nos dois últimos – *a b a b a b c c* (Gaio, n.d.; Pais, 1994).

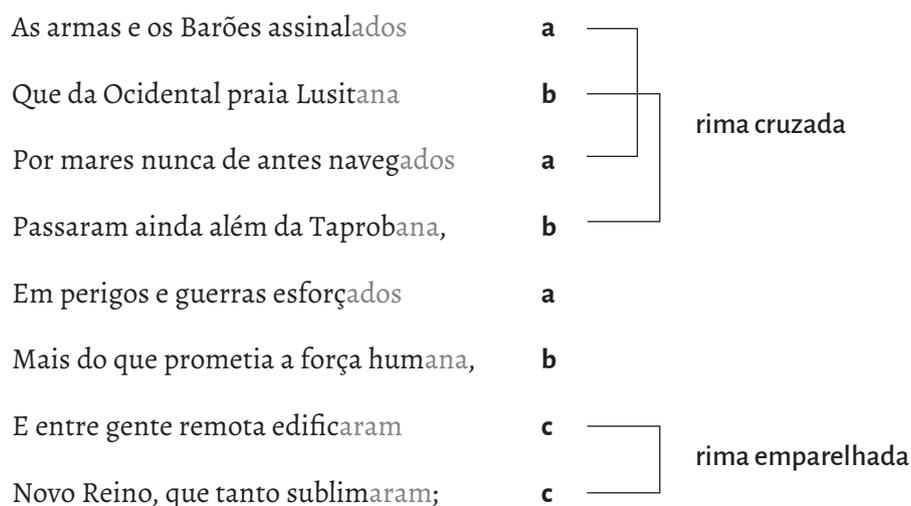


Figura 38: Esquema rimático d'Os Lusíadas.

Ao nível da estrutura interna do poema este segue as regras do género épico (Gaio, n.d.; Pais, 1994):

- Proposição, onde o poeta apresenta o que se propõe cantar.
- Invocação, parte em que é pedido apoio e protecção às divindades, onde Camões escolhe como protectoras as Tágides (ninfas do Tejo).
- Dedicatória, onde o autor dedica o poema a alguém, neste caso a D. Sebastião.
- Narração, que representa a história propriamente dita e que se inicia *in media res*, já a meio da viagem para a Índia, sendo a parte inicial contada por analepse (cf. Glossário) posteriormente no poema.

Os *Lusíadas* podem ainda ser divididos em quatro planos narrativos (Figura 37) que se entrecruzam ao longo da narrativa (Gaio, n.d.; Michelli, 2003; Pais, 1994; Sena, 1980):

- Plano da Viagem, que inclui a narração dos eventos da viagem desde Lisboa até à chegada à Índia e o regresso a Portugal.
- Plano dos Deuses, constituído pelas intervenções dos deuses, intercalado com o Plano da Viagem, onde são tomadas decisões que influenciam o destino dos portugueses.
- Plano da História, narrado, essencialmente, por Vasco da Gama que conta ao rei de Melinde a história de Portugal.
- Plano do Poeta, essencialmente localizado no fim de cada canto, onde Camões reflecte sobre o estado do mundo.

O poema é ainda dividido em: dois ciclos épicos (Figura 37), o primeiro contendo os primeiros cinco cantos e o segundo os restantes cinco; subnarrativas e episódios (Pais, 1994). A narração é feita principalmente por Luís de Camões, intervindo outras personagens no decorrer da história, como é o caso de Vasco da Gama, que conta a história de Portugal.

A partir do levantamento das características principais da obra, foi possível dividir o poema segundo diferentes critérios. No apêndice encontra-se: B Divisão detalhada da obra *Os Lusíadas* (p. 177), onde o poema é dividido por ciclos épicos, subnarrativas, cantos, planos narrativos, episódios e narradores; e E Cronologia d'*Os Lusíadas* (p. 199), onde se encontra uma estrutura do poema semelhante à Figura 37, mas com um maior nível de detalhe. Esta classificação pretende assim estabelecer as principais divisões da obra e as diferentes relações entre essas características.

#### 4.1.3 REFERÊNCIAS

Um pouco à semelhança do Capítulo 2, Estado da Arte, foram também recolhidos alguns projectos feitos no âmbito d'*Os Lusíadas*, que embora não estejam directamente relacionados com o que se pretende realizar no desenvolvimento deste trabalho, analisam também a obra e retiram informações e tendências a partir dos seus dados.

## ARMAZENAMENTO RELACIONAL DE TEXTO

Trabalho desenvolvido por David Paiva Fernandes em 2011, onde é criado um sistema de armazenamento relacional de texto através do uso de um Sistema de Gestão de Base de Dados, tendo como base a obra *Os Lusíadas* (Fernandes, 2011).

Este trabalho tira partido da análise de conteúdo dos anos 30 e 80 do século xx, onde são utilizados meios computacionais com o intuito de realizar estudos literários (Fernandes, 2011). A implementação é desenvolvida, como David Fernandes (2011) refere, em três fases: uma primeira onde é identificada a estrutura do texto e o modelo Entidade-Relacionamento (ER), a seguinte onde se procede à transformação do texto e, por último, a análise do conteúdo através de *scripts* criados. Este estudo permitiu a análise do conteúdo d'*Os Lusíadas*, como o comprimento das palavras, a sua frequência no texto, a variação de vocabulário de canto para canto e alguma classificação morfológica através dos artigos precedentes ou da terminação da palavra (Fernandes, 2011).

Embora este trabalho pouco esteja relacionado com o projecto que aqui se apresenta, permite compreender que a obra *Os Lusíadas* é possível de ser organizada e analisada, e desta retirar conclusões gerais acerca do texto.

## TOP 10 WORD POSTERS FOR OS LUSÍADAS

Trabalho de Visualização de Informação realizado por Pedro Cruz (2009), onde são identificadas as dez palavras mais frequentes ao longo do poema *Os Lusíadas* e criados dez cartazes diferentes com base nessa informação (Cruz, 2009). Cada cartaz (Figura 39) mostra a frequência de cada uma das dez palavras ao longo dos dez cantos.

Embora seja um trabalho de análise relativamente simples, permite tirar conclusões acerca da variação de intensidade do poema ao longo dos cantos, aspectos mais ligados à emoção.





## 4.2 Conjunto de dados

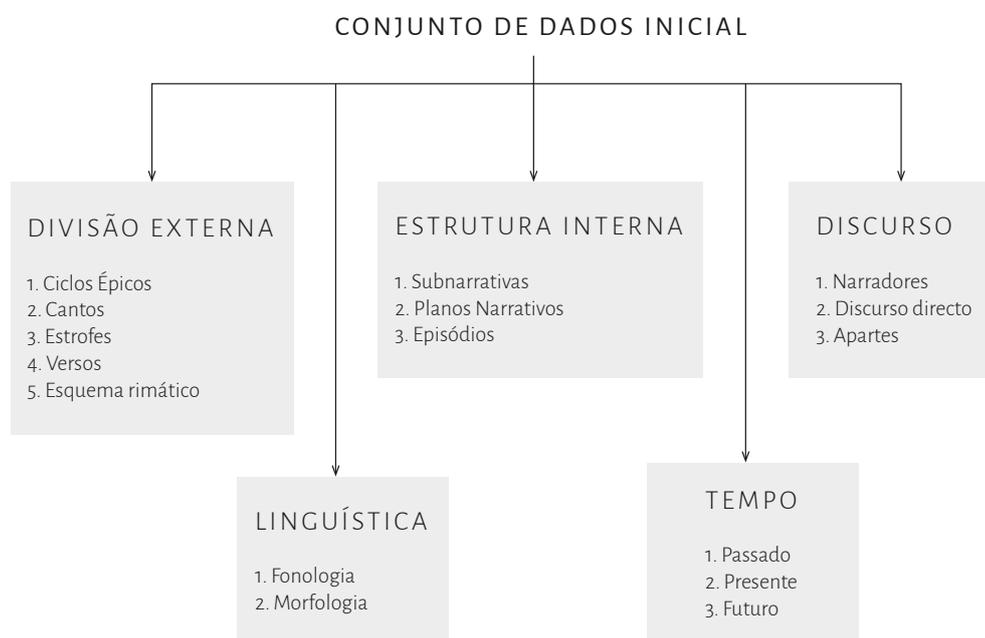


Figura 40: Esquema original dos dados para exploração.

O esquema apresentado na Figura 40 elucida as características iniciais que se pretendiam explorar no início deste projecto de sonificação. Estas características dividiam-se em cinco áreas diferentes:

- Linguística, onde se analisaria a fonologia e morfologia das palavras, podendo a partir destes dados criar uma base melódica sobre a qual seriam trabalhados os restantes dados.
- Estrutura externa do poema onde se pretendia diferenciar os vários cantos, estrofes e ciclos épicos e usar as características dos versos e do esquema rimático para a criação de ritmo.
- Estrutura interna, onde se pretendia sonificar as subnarrativas constituintes do poema, o cruzamento entre os diferentes planos narrativos e os episódios sobre os quais se divide a obra.
- Discurso, onde seria possível identificar os diferentes narradores constituintes da obra e ainda os segmentos de discurso directo, assinalados por aspas, e os apartes, identificados por parêntesis, mostrando o dinamismo da narração.
- Tempo, onde se analisaria os diferentes tempos presentes na obra, uma vez que esta se inicia *in media res*, tendo analepses para contar o que já aconteceu e, também, prolepses (cf. Glossário) (associadas a profecias das diferentes personagens), a fim de contar o que está para além do tempo que a história d'Os *Lusíadas* abrange.

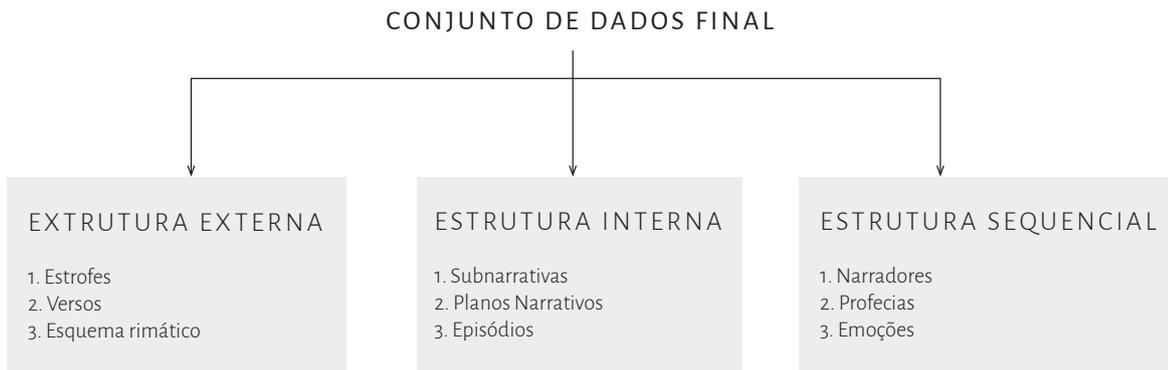


Figura 41: Esquema final dos dados explorados.

No desenvolvimento e experimentação do projecto acabou por se modificar o conjunto de dados que se pretendia sonificar, seguindo o protótipo final o esquema da Figura 41. Para evitar a criação de um sistema de sonificação demasiado complexo onde o utilizador não fosse capaz de recolher informação da obra sonificada, optou-se por limitar o conjunto de dados a ser sonificado.

Assim, pode-se verificar que a área Linguística foi posta de parte no desenvolvimento deste projecto, pois com a crescente pesquisa na área, verificou-se que a implementação deste campo exigiria muito tempo e exploração. O facto de necessitar ferramentas ou bibliotecas extras para a sua sonificação e também devido ao português da obra ser arcaico, levaria a que todo o processo fosse ainda mais moroso e impediria a sonificação devida de outras áreas do poema com maior relevância para o projecto. No entanto, acaba por ser uma área possível de explorar num desenvolvimento futuro deste projecto.

Outra das principais alterações foi a junção da área do Discurso e do Tempo em apenas um campo – Estrutura Sequencial – onde se procedeu à sonificação das intervenções dos Narradores, das Profecias e das Emoções. A exploração do discurso directo e dos apartes no texto considerou-se irrelevante no seguimento deste projecto, pois esta informação acabaria por coincidir com as intervenções dos diferentes narradores, não tendo um interesse sonoro significativo. O mesmo aconteceu com o tempo passado e presente, estes acabariam por coincidir com a subnarrativa da História de Portugal e da Viagem, respectivamente, acabando por não acrescentar nada de novo ao resultado sonoro. Ainda dentro da área da Estrutura Sequencial foi acrescentada a Emoção do poema, recolhido através da leitura da obra.

Em relação às áreas da Estrutura Externa e Interna, estas permaneceram pouco alteradas, sendo apenas retirado da sonificação os cantos, que foram incluídos como meio de navegação na aplicação, e os ciclos épicos.

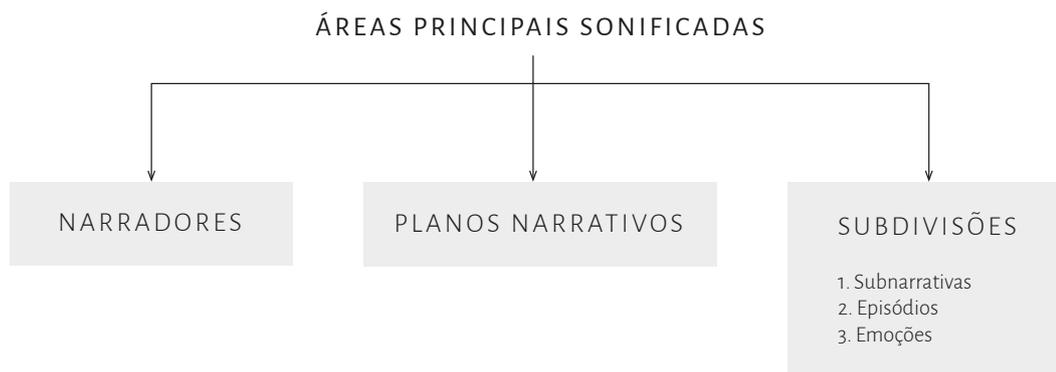


Figura 42: Áreas de sonificação principais.

Pode-se ainda reduzir o conjunto de dados a sonificar a três áreas principais (Figura 42), sobre as quais os restantes dados da Figura 41 são sonificados:

- Narradores, onde se explora a intervenção dos diferentes narradores.
- Planos Narrativos, onde se sonifica a intersecção entre os vários planos ou a sua frequência no poema.
- Subdivisões, onde se inclui a sonificação das subnarrativas, episódios e emoções.

Estas três áreas foram exploradas a diferentes níveis, de forma a que o utilizador pudesse escolher a informação que pretendia ouvir com o nível de detalhe desejado. Nas páginas seguintes será descrito em detalhe o tipo de mapeamento seguido na sonificação desta informação.

#### 4.2.1 BASE DE DADOS RELACIONAL

Para ir ao encontro das necessidades exigidas pelo conjunto de dados que se explorou no projecto, foi criada uma base de dados relacional. Desta forma, é possível relacionar mais facilmente diferentes tipos de informação e criar um sistema mais dinâmico.

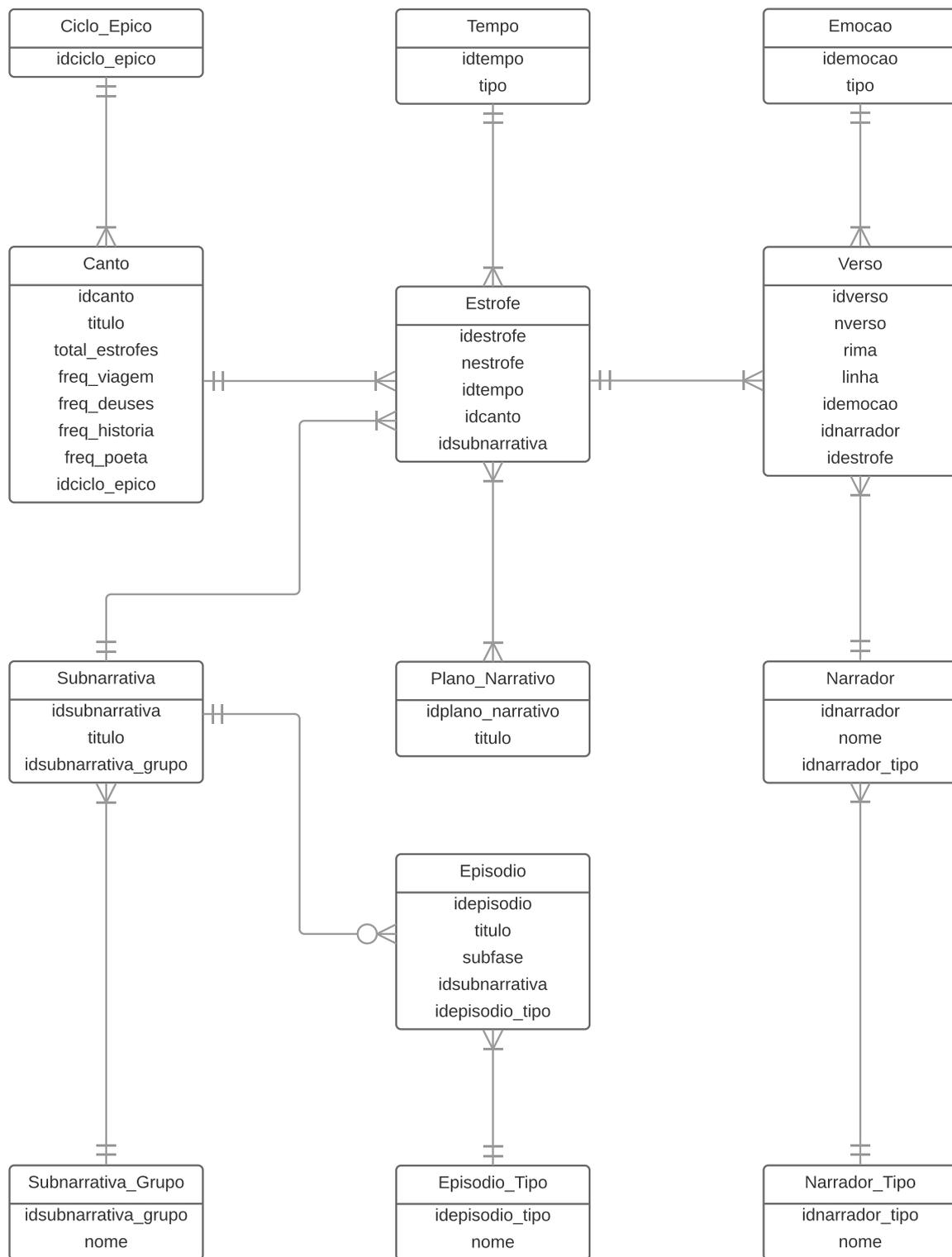


Figura 43: Modelo ER da Base de Dados.

Na Figura 43 está presente o modelo ER da base de dados criada. A base de dados é dividida em quatro entidades principais que correspondem às principais divisões externas do poema: ciclo épico, canto, estrofe e verso. A nível da estrutura interna existem seis entidades onde se insere a informação central da obra: subnarrativa, plano narrativo, narrador, episódio, emoção e tempo. Devido à grande quantidade de diferentes subnarrativas, episódios e narradores, foi feita uma divisão em tipos mais gerais, levando à criação das três restantes entidades: subnarrativa grupo, episódio tipo e narrador tipo.

Embora o projecto aqui desenvolvido não dê uso a toda a informação presente na base de dados, esta foi construída de forma a tornar-se o mais completa possível e para que possa ser posteriormente actualizada e usada em projectos futuros.

A base de dados criada encontra-se em anexo no CD que acompanha a dissertação.



## **4.3 Explorações Preliminares**

O processo de trabalho seguido levou à elaboração de dois protótipos preliminares, os quais exploravam a sonificação da obra integral.

### **4.3.1 PRIMEIRO PROTÓTIPO**

Neste primeiro protótipo explorou-se apenas algumas características com o objectivo de exemplificar como podia ser realizado o processo de sonificação e qual o resultado obtido, tentando demonstrar a aplicabilidade da obra *Os Lusíadas* como conjunto de dados a ser sonificado.

Nesta etapa inicial usou-se como recursos para a sonificação o Processing e a biblioteca MidiBus com o objectivo de enviar a informação do Processing para o sequenciador MIDI, neste caso o Ableton Live 9 Lite.

Na realização deste protótipo inicial apenas foram sonificados três tipos de informação: o esquema rimático da obra para criar a base harmónica da representação, os narradores principais e a frequência dos planos narrativos ao longo do poema. Em relação à base harmónica, foram usadas as características da rima para a criação dos diferentes acordes, de forma a que esta reflectisse o ritmo do poema. Os quatro narradores tocam a melodia criada pelo esquema rimático e foram associados a quatro instrumentos diferentes, de forma a que cada instrumento toque durante o tempo de narração do narrador respectivo. Em relação aos quatro planos narrativos, foram usados, também, quatro instrumentos apenas de percussão, cada um associado a um plano e que embora toquem durante toda a obra, o volume do som é alterado consoante a presença do plano, ao nível da quantidade de estrofes, em cada canto.

O gráfico da Figura 44 auxilia a compreensão do resultado sonoro (Som 10), uma vez que foi apenas desenvolvida nesta fase a parte sonora sem qualquer tipo de componente de acompanhamento visual.

### **4.3.2 SEGUNDO PROTÓTIPO**

O segundo protótipo acabou por ser uma continuação da experiência anterior, utilizando os mesmos recursos na sua criação. O objectivo neste protótipo era adicionar uma nova dimensão de informação e perceber se este aumento de complexidade seria compreensível para o utilizador.

Assim manteve-se a sonificação do esquema rimático para a base harmónica, dos narradores e da frequência dos planos e foi acrescentada a sonificação das subnarrativas. Esta nova dimensão era associada a instrumentos harmónicos que tocavam aquando da presença da subnarrativa respectiva os acordes da rima correspondente.

Nesta exploração foram ainda alterados alguns dos instrumentos utilizados no protótipo anterior, que se consideraram menos adequados. O gráfico da Figura 45 representa todas as características sonificadas nesta etapa, permitindo acompanhar o resultado sonoro (Som 11).

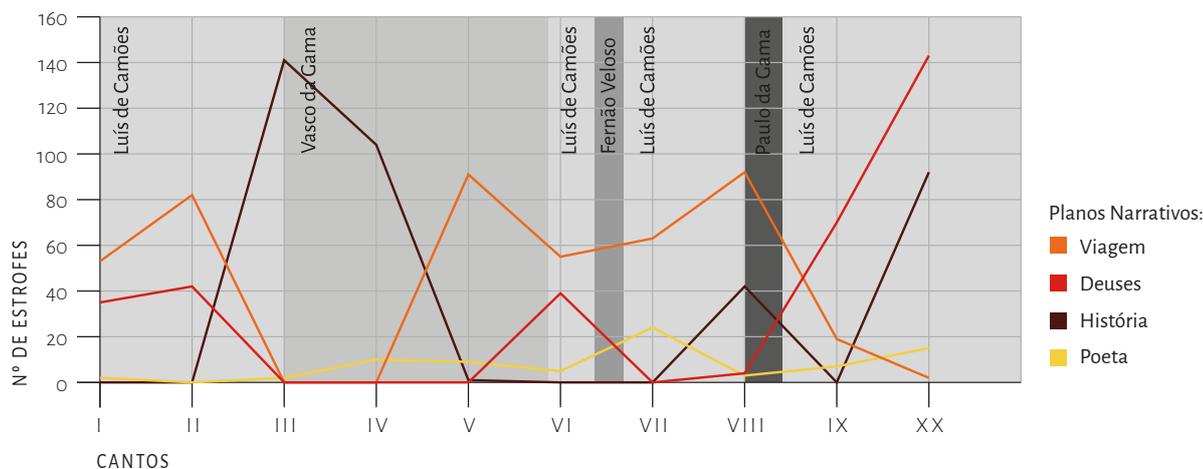


Figura 44: Gráfico representativo das características sonificadas no primeiro protótipo.

Som 10: Resultado sonoro do primeiro protótipo.

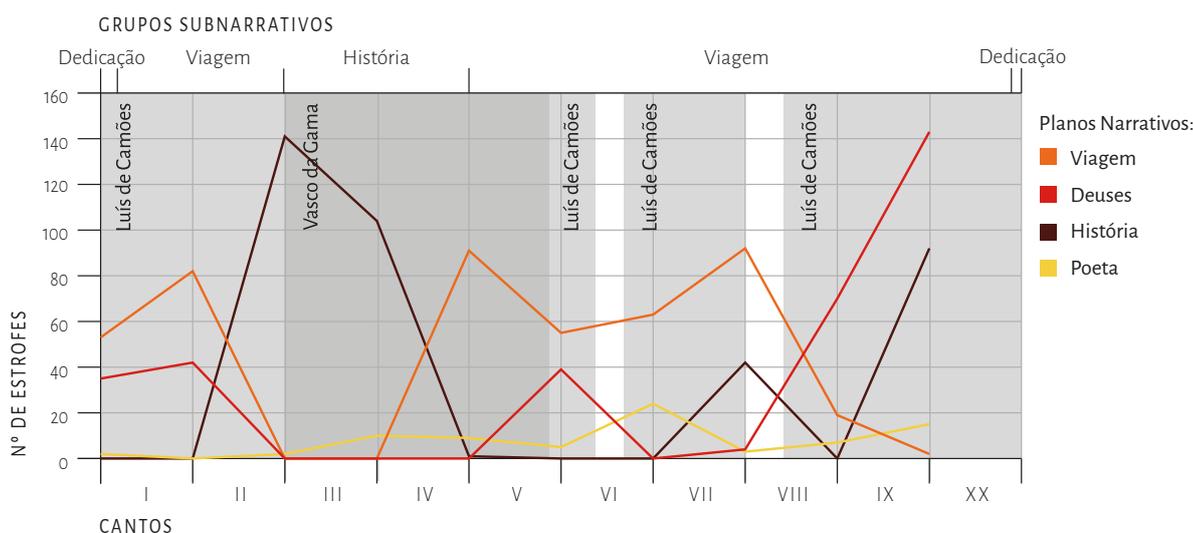


Figura 45: Gráfico representativo das características sonificadas no segundo protótipo.

Som 11: Resultado sonoro do segundo protótipo.

## 4.4 Funcionalidades

O sistema de sonificação final construído, para além do objectivo inicial de transformar a obra de Camões em som, tem como funcionalidade central a interactividade. Pretende-se que o utilizador possa navegar na interface do sistema de forma a obter diferentes informações consoante o que explora, o que permita uma experiência personalizada do poema e facilite o processo de interpretação da sonificação.

### 4.4.1 ZOOMS

A funcionalidade dos *zooms* tem como objectivo principal permitir ao utilizador navegar na obra com diferentes níveis de detalhe e limitar a secção que pretende ouvir. O utilizador pode assim escolher ouvir a obra na íntegra ou apenas uma determinada subnarrativa, canto ou episódio. Desta forma, a aplicação oferece três tipos de *zoom* (Figura 46), cuja informação sonificada terá diferentes especificidades.

Esta funcionalidade permite ainda a aplicação do mesmo mapeamento sonoro a diferentes conjuntos de informação com a mesma estrutura, podendo-se assim perceber se o mapeamento efectuado se adapta a diferentes conteúdos.

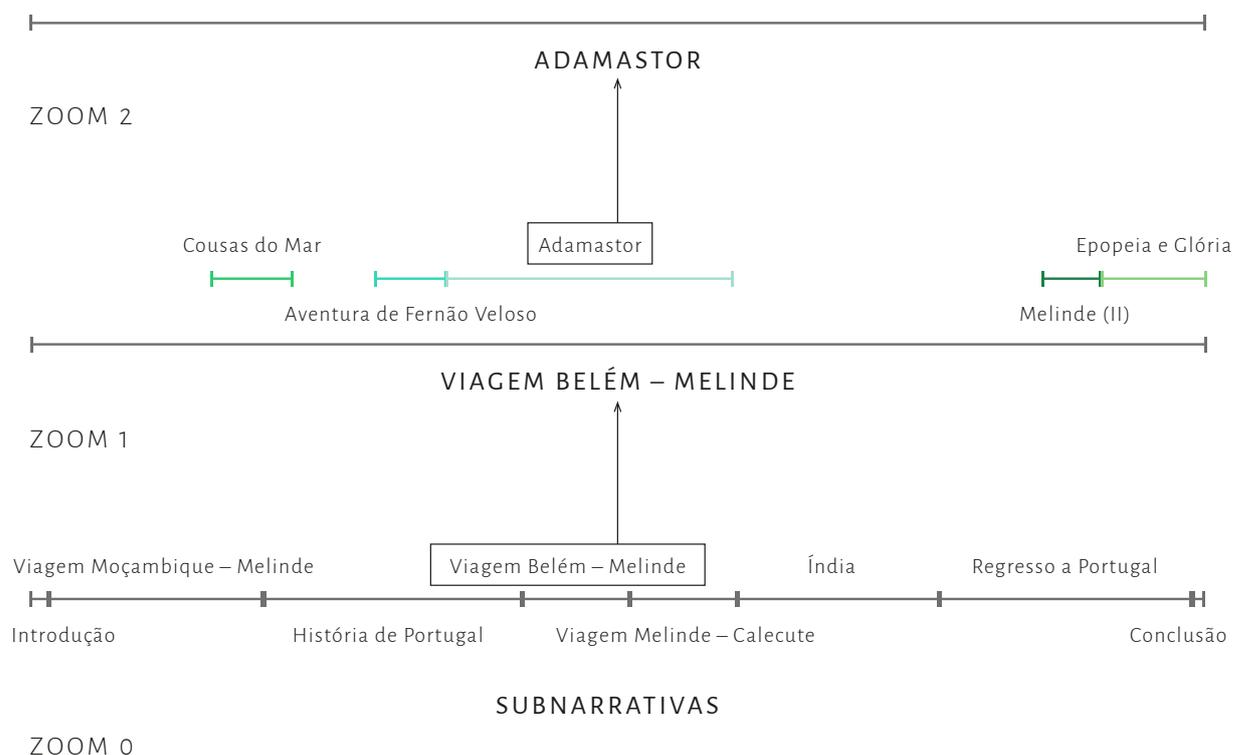


Figura 46: Diferentes níveis de zoom.

## ZOOM 0



Figura 47: Aplicação no zoom 0.

Estado inicial onde o utilizador pode ouvir a informação do livro na íntegra (Figura 47). Neste zoom a sonificação tem menos detalhe uma vez que são apenas sonificadas as divisões de maiores dimensões. Na Figura 48 estão representados os vários tipos de informação sonificados.

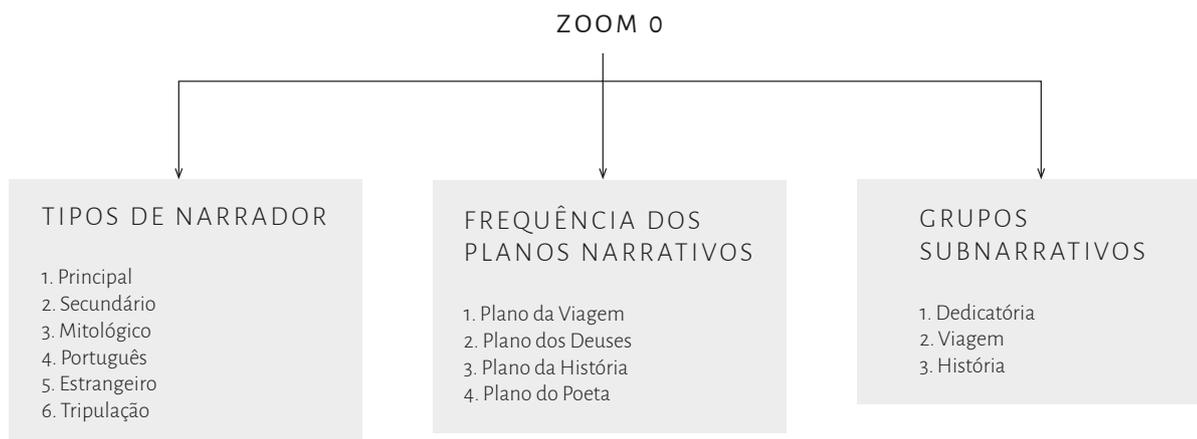


Figura 48: Informação sonificada no zoom 0.

O resultado sonoro neste nível (Vídeo 6) tem um total de 80 compassos, sendo então aplicada uma escala de 1102 estrofes para 80 compassos, o que equivale a que cada compasso represente aproximadamente 13 estrofes do poema.

O objectivo nesta fase é que o utilizador seja capaz de distinguir os diferentes narradores, a intensidade de cada plano narrativo e compreender a evolução da história através da intersecção das subnarrativas.

No *zoom* o utilizador pode ainda seleccionar um canto ou subnarrativa específica passando para o *zoom* seguinte.

 Vídeo 6: Reprodução da sonificação d'Os *Lusíadas* na íntegra.

## ZOOM 1

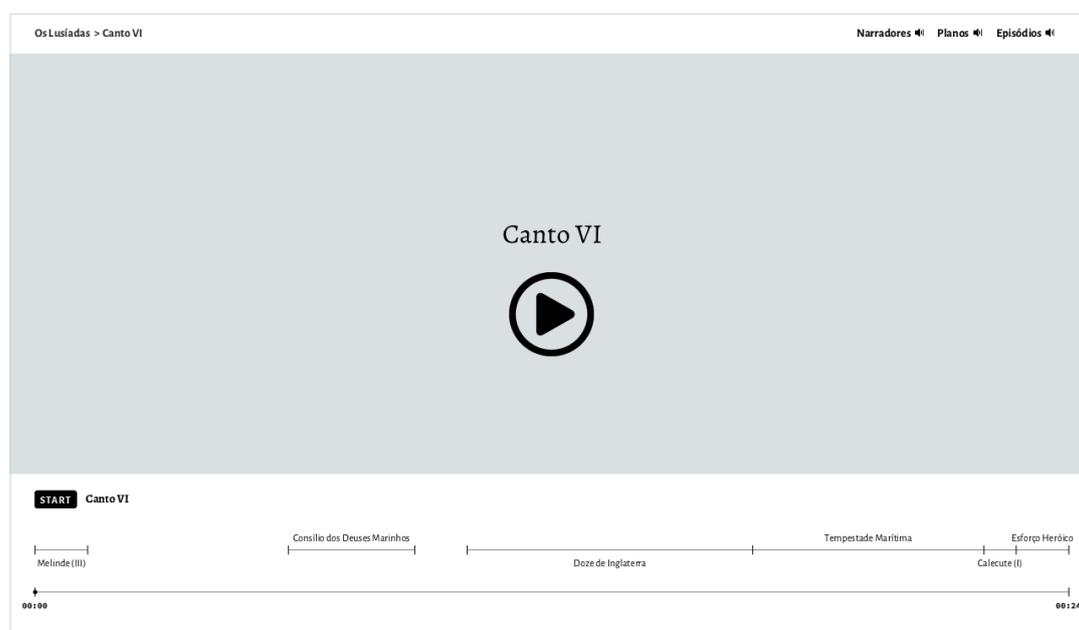


Figura 49: Aplicação no *zoom* 1 com o Canto VI seleccionado.

Este tipo de *zoom* está disponível após a selecção de um canto (Figura 49), subnarrativa ou episódio constituído por outros pequenos episódios. A única excepção ocorre quando seleccionada a subnarrativa da Introdução ou Conclusão, em que a aplicação passa imediatamente para o *zoom* com mais detalhe (*Zoom 2*) devido às dimensões reduzidas destas duas secções.

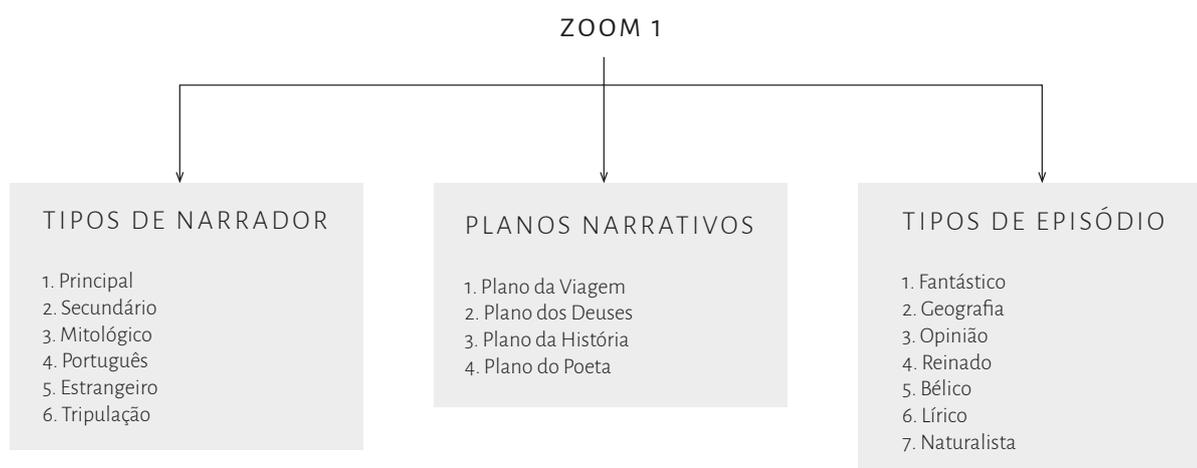


Figura 50: Informação sonificada no *zoom 1*.

A informação sonificada neste nível está representada na Figura 50, a mudança, em relação ao *zoom* anterior, é que a este nível é sonificada a presença dos planos narrativos em vez da sua frequência.

Neste estado é sonificada apenas as mudanças de informação que ocorrem durante o excerto seleccionado e, o resultado sonoro (Vídeo 7) apresenta um maior rigor em relação ao *zoom* inicial, uma vez que é utilizada uma escala de 8 estrofes para 1 compasso.

No *zoom 1* o utilizador pode ainda seleccionar um determinado episódio passando para o *zoom* seguinte, caso o episódio não tenha outras subdivisões dentro dele.

 Vídeo 7: Reprodução da sonificação da subnarrativa Viagem Melinde – Calecute.

## ZOOM 2



Figura 51: Aplicação no zoom 2 com o episódio Tempestade Marítima seleccionado.

Nível de maior detalhe que é activado após a selecção de um episódio específico (Figura 51) ou da subnarrativa Introdução ou Conclusão.

Este zoom final é então o que apresenta um maior detalhe e rigor na informação sonificada (Figura 52), uma vez que o mapeamento dos dados é feito a uma escala de 1 estrofe para 1 compasso (Vídeo 8).

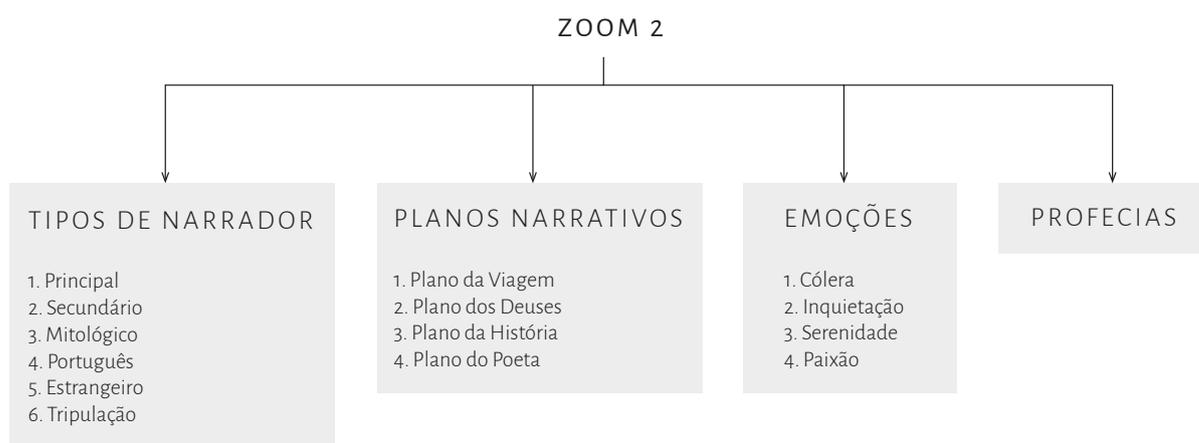


Figura 52: Informação sonificada no zoom 2.



Vídeo 8: Reprodução da sonificação do episódio Adamastor.

#### 4.4.2 REPRODUÇÃO

O utilizador pode controlar a reprodução do resultado sonoro através do botão *start/stop* (Figura 53 [A]), do clique no ecrã de visualização (Figura 53 [B]) ou na barra de espaços. A possibilidade de controlo de reprodução permite ao utilizador experienciar a obra como uma apresentação interactiva.

#### 4.4.3 NAVEGAÇÃO

A possibilidade de navegação pelas diferentes partes da obra reforça a possibilidade do utilizador adquirir uma experiência única do poema, pela selecção da secção que pretende ouvir.

A navegação pela história é efectuada essencialmente através da cronologia na parte inferior da interface (Figura 53 [C]), que apresenta todas as divisões inseridas no excerto previamente seleccionado. Esta secção da interface permite assim navegar nos diferentes *zooms* da aplicação. A cronologia acompanha, também, através de um cursor o decorrer do excerto activo, informando o tempo actual e total da reprodução.

Como forma de retroceder para as fases anteriores, é apresentado no canto superior esquerdo (Figura 53 [D]), a sequência de navegação efectuada até ao momento, permitindo assim voltar para os estados anteriores. No Vídeo 9 é demonstrada a navegação na aplicação.

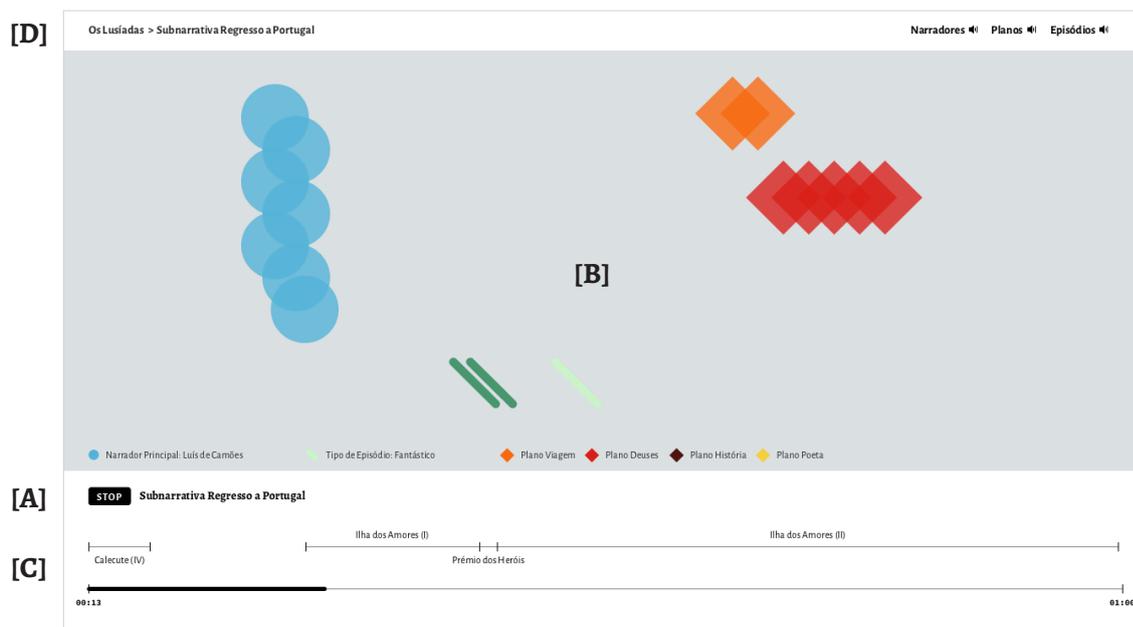


Figura 53: Aplicação a reproduzir a subnarrativa Regresso a Portugal.



Vídeo 9: Demonstração da navegação na aplicação.

#### 4.4.4 FILTROS

A aplicação oferece também a possibilidade de ouvir apenas determinada informação, como por exemplo os tipos de episódios ou ter uma leitura completa de todas as características sonificadas da obra.

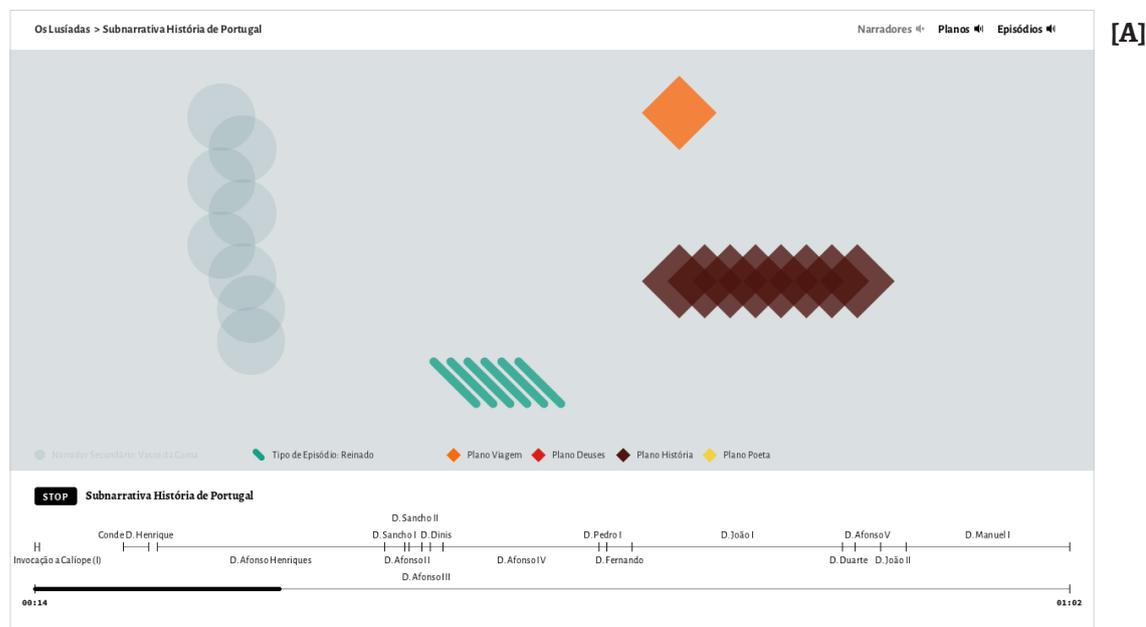


Figura 54: Aplicação com o filtro dos narradores desligado.

Os filtros encontram-se no canto superior direito (Figura 54 [A]), permitindo ao utilizador desligar a sonificação de um dos três tipos de informação que está a ser apresentada no momento.

Esta funcionalidade não só permite que a experiência obtida da obra seja personalizada, como facilita a associação do som à informação respectiva apresentada no ecrã (Vídeo 10). O facto de o utilizador poder isolar um tipo de informação leva a que o processo de aprendizagem e ligação entre som e imagem seja facilitado.



Vídeo 10: Demonstração da utilização dos filtros.

#### 4.4.5 VISUALIZAÇÃO

O projecto contém, também, uma componente visual que funciona como orientação para o utilizador no decorrer da sonificação apresentada (Figura 55), de forma a facilitar o processo de compreensão sonora da obra e associação do som à informação correspondente.

Esta componente evidencia as variações do resultado sonoro e acaba por criar uma partitura visual da melodia ouvida, que é actualizada de 8 em 8 compassos, de forma a que o resultado visual seja facilmente compreensível ao olhar do utilizador.

O objectivo desta funcionalidade não é criar uma visualização de informação que substitua a sonificação, mas auxiliar na criação de uma imagem mental do som que está a ser ouvido.



Figura 55: Screenshot da aplicação na reprodução do episódio Batalha de Ourique.

## REFERÊNCIAS

No desenvolvimento da componente visual foram tidos como referência alguns projectos, os quais serão brevemente indicados seguidamente.

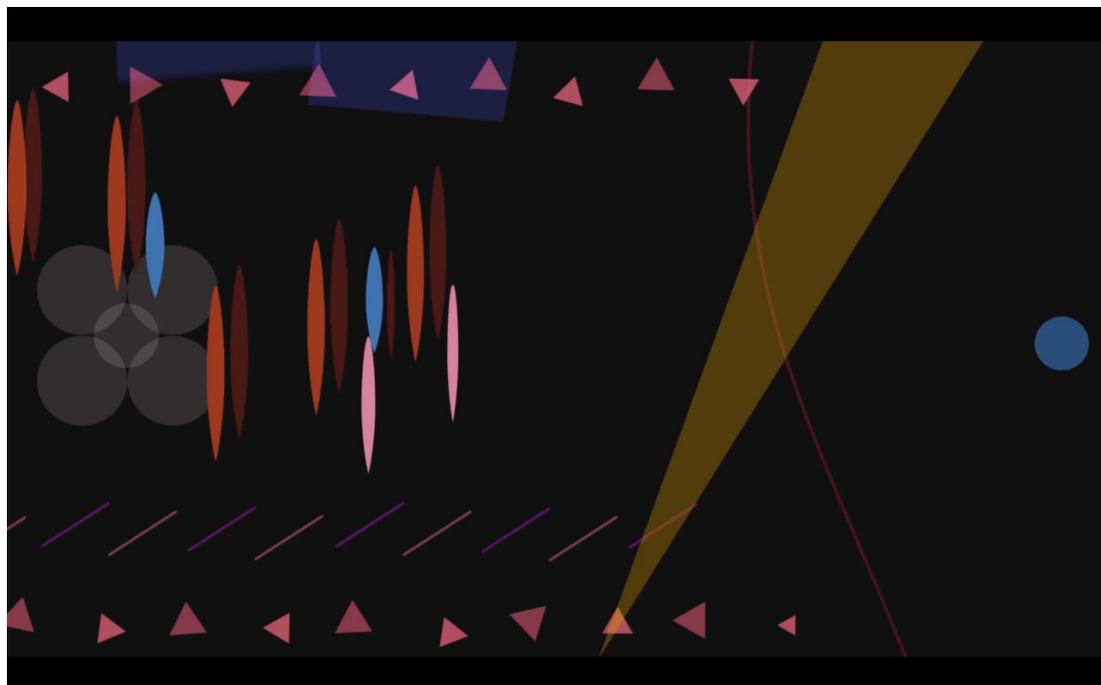


Figura 56: Screenshot do open title de *Mozart in the Jungle* (Chips, 2016).

▶ Vídeo 11: Open titles de *Mozart in the Jungle* (Chips, 2016).

*Open titles* da série televisiva *Mozart in the Jungle* (Figura 56), que criam uma partitura visual da música tocada (Vídeo 11).

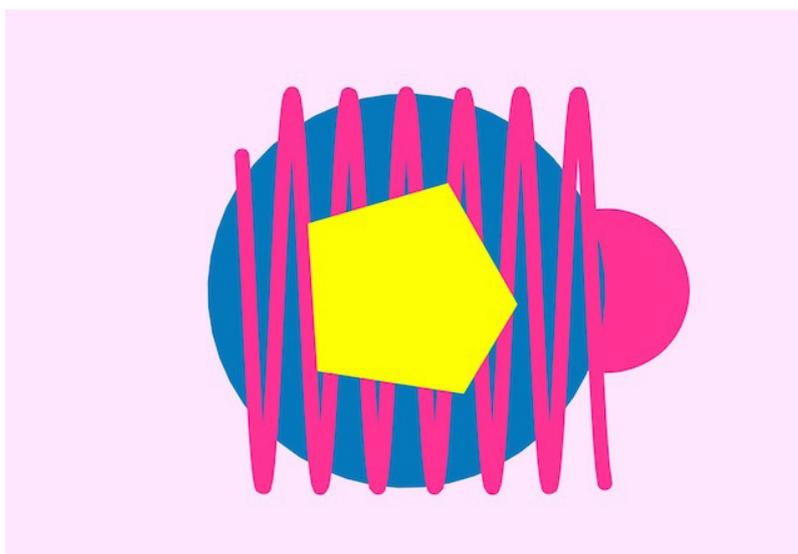


Figura 57: Screenshot do website *Patatap* (Visnjic, 2014).

▶ Vídeo 12: Apresentação do projecto *Patatap* (Films, 2014).

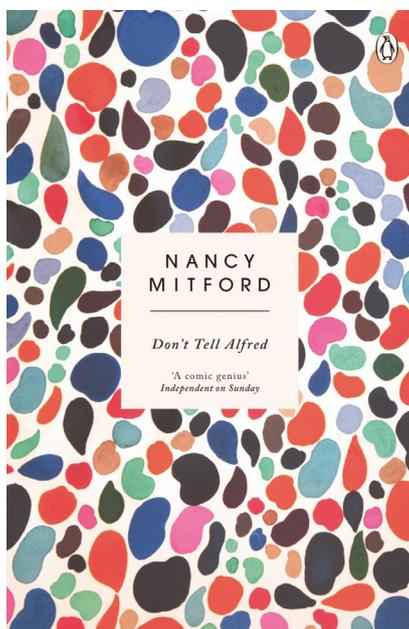
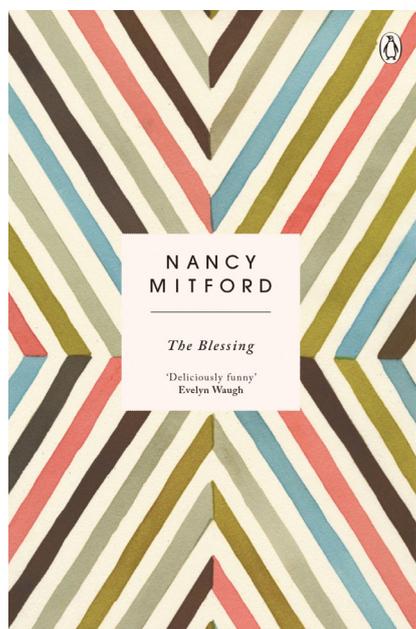
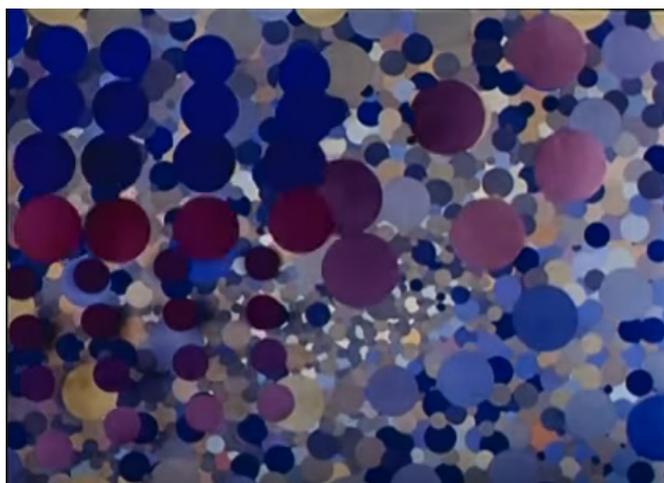
Projecto *Patatap* (Figura 57) que recorre à combinação de figuras geométricas para a criação de uma resposta visual à interacção do utilizador (Vídeo 12).

*Optical Poem* (Figura 58) criado em 1938 por Oskar Fischinger para a composição *Hungarian Rhapsody No. 2* de Franz Liszt (Vídeo 13).

Figura 58: Imagem do *Optical Poem* de Oskar Fischinger (Video, 2013).



Vídeo 13: *Optical Poem* de Oskar Fischinger, 1938 (Video, 2013).

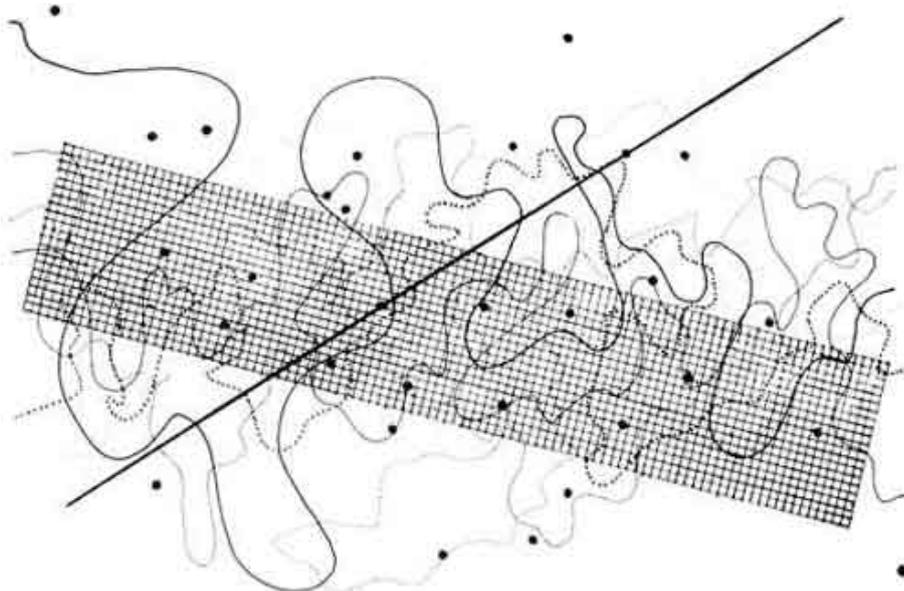


Colecção de capas de livros (Figura 59) de Nancy Mitford da Penguin que utilizam padrões geométricos da artista Lourdes Sanchez.

Figura 59: Capas dos livros *Don't Tell Alfred* e *The Blessing* de Nancy Mitford (Dawood, 2015).

Notação gráfica musical de John Cage para a composição *Fontana Mix* em 1958 (Figura 60).

Figura 60: Notação gráfica para *Fontana Mix* de John Cage (Pegg, 2011).



#### 4.4.6 LEGENDA

Na interface é ainda apresentado uma legenda, na parte inferior da área de visualização (Figura 61 [A]), que acompanha a sonificação e a visualização sonora da obra. Esta legenda permite saber o tipo de informação que está a tocar num determinado momento e facilita a percepção das várias mudanças que ocorrem no poema.



Figura 61: Screenshot da aplicação na reprodução do episódio Inês de Castro.



## 4.5 Tecnologias

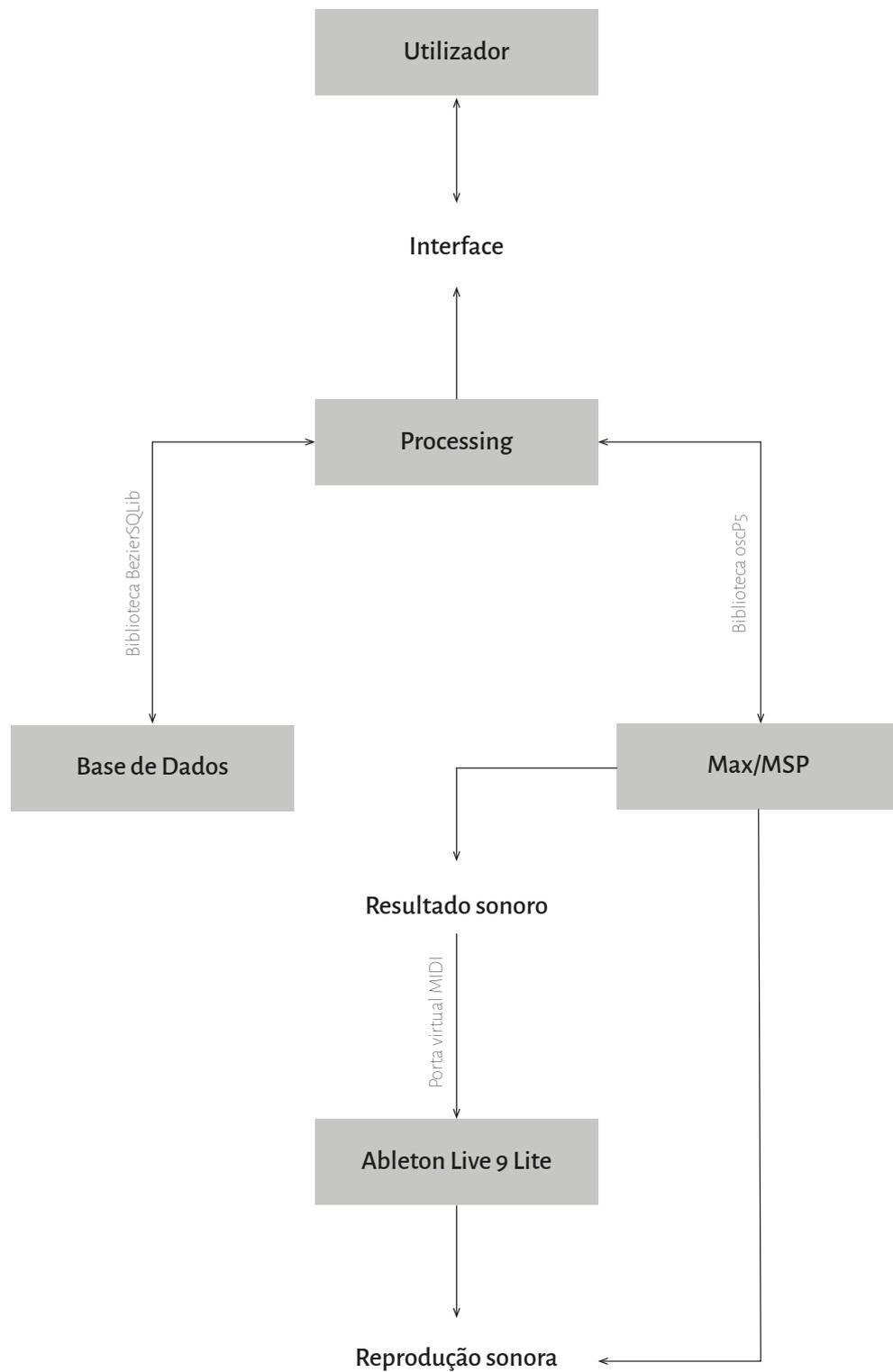


Figura 62: Tecnologias usadas no desenvolvimento da aplicação.

O desenvolvimento da aplicação final exigiu a uso de diferentes ferramentas que fossem capazes de comunicar entre si (Figura 62). Os principais *softwares* utilizados foram:

- Processing, responsável pela interface apresentada ao utilizador, levando a que todas as acções efectuadas na aplicação sejam recebidas e processadas a este nível antes de serem devidamente encaminhadas. O programa criado em Processing reúne, assim, as ligações efectuadas entre os vários programas utilizados. A comunicação com a base de dados é feita a este nível, através da biblioteca BezierSQLib. Esta biblioteca cria uma ligação entre o Processing e a base de dados MySQL, que permite aceder à informação contida na base de dados através da linguagem SQL. A informação retirada da base de dados, após ser processada no Processing, é depois enviada para o Max/MSP através da biblioteca oscP5. Esta biblioteca é uma implementação, no Processing, do *Open Sound Control* (*osc*), protocolo para a comunicação entre computadores e sintetizadores, que permite o envio de mensagens entre diferentes dispositivos. Além disso, o Processing controla tudo o que é apresentado ao utilizador e está responsável pela construção da componente visual que acompanha a reprodução da sonificação.
- Max/MSP, responsável pela criação das diferentes sonificações para cada tipo de informação. Após os dados seleccionados serem recebidos no *patch* criado em Max/MSP, o programa procede à criação de ficheiros de texto com a sonificação da informação recebida. Este, quando autorizado pelo Processing, envia os resultados sonoros para o Ableton Live 9 Lite. A ligação entre o Processing e o Max/MSP ocorre nos dois sentidos. O Processing envia para o Max/MSP todas as mensagens de criação, leitura e controlo da reprodução dos resultados. Por outro lado, o Max/MSP envia para o Processing a informação necessária para a construção das legendas e da componente visual apresentada. O Max/MSP é, também, responsável pela reprodução da sonificação das subdivisões da obra (subnarrativas, episódios e emoções).
- Ableton Live 9 Lite, *software* que funciona como sequenciador MIDI. A este nível a informação sonora enviada pelo Max/MSP é recebida através de uma porta virtual MIDI, sendo que o sequenciador a encaminha para os respectivos canais MIDI existentes. O Ableton Live é então responsável pela reprodução da sonificação dos narradores e planos narrativos.

Os programas utilizados nesta versão final sofreram algumas alterações em relação aos que foram usados nas explorações preliminares, uma vez que o desenvolvimento de sonificações mais complexas exigiu o uso de programas mais direccionados para a composição musical, como é o caso do Max/MSP.

Foi ainda usado como recurso para a sonificação uma base de dados de ficheiros sonoros – Base de dados de bandas sonoras para música e emoção (*Soundtracks datasets for music and emotion*) – (<https://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/emotion/soundtracks/>) desenvolvida na Universidade de Jyväskylä (Finlândia) que se encontra detalhada no artigo de Tuomas Eerola e Jonna Vuoskoski (2010). Esta base de dados contém uma lista de trechos sonoros de diversos filmes, classificados dentro de um conjunto de emoções.



## 4.6 Sonificação Proposta

Na implementação da sonificação foram usadas essencialmente duas técnicas: os ícones auditivos e o mapeamento de parâmetros. O tipo de sonificação aplicado varia consoante o tipo de informação a sonificar.

Os resultados sonoros criados têm 120 bpm (batidas por minuto) e o número de compassos varia consoante o *zoom* e a dimensão do excerto seleccionado. A sonificação pode ser dividida em três grupos sonoros principais: narradores, planos narrativos e subdivisões (Figura 42, p. 85).

Nas próximas páginas será explicitado o mapeamento desenvolvido em cada grupo de informação. O código desenvolvido para a criação desta sonificação encontra-se em anexo no CD que acompanha a dissertação.

### 4.6.1 ESQUEMA RIMÁTICO

O esquema rimático do poema foi aplicado na criação da estrutura harmónica da sonificação. Desta forma, a estrutura harmónica da música criada é cíclica (Figura 63), pois baseia-se num padrão de 8 compassos mapeados a partir do esquema rimático do poema (*a b a b a b c c*): *a* é mapeado para Dó Maior, *b* para Fá Maior e *c* para Sol Maior. O resultado é então uma progressão de acordes cíclica (Dó Fá Dó Fá Dó Fá Sol Sol) que resulta numa música em Dó Maior, sem modelações.

As armas e os Barões assinalados	<b>a</b>	→	<b>Dó</b>	} 8 compassos
Que da Ocidental praia Lusitana	<b>b</b>	→	<b>Fá</b>	
Por mares nunca de antes navegados	<b>a</b>	→	<b>Dó</b>	
Passaram ainda além da Taprobana,	<b>b</b>	→	<b>Fá</b>	
Em perigos e guerras esforçados	<b>a</b>	→	<b>Dó</b>	
Mais do que prometia a força humana,	<b>b</b>	→	<b>Fá</b>	
E entre gente remota edificaram	<b>c</b>	→	<b>Sol</b>	
Novo Reino, que tanto sublimaram;	<b>c</b>	→	<b>Sol</b>	

Figura 63: Estrutura harmónica da sonificação.

#### 4.6.2 NARRADORES

A informação dos narradores n’*Os Lusíadas* é explorada nesta sonificação através da transformação das suas intervenções em som, onde é aplicado o método de mapeamento de parâmetros.

A obra contém no total a intervenção de 43 narradores diferentes, existindo narradores com uma grande presença no poema, como é caso de Luís de Camões e outros com intervenções apenas pontuais, como é o caso do rio Ganges. Visto que sonificar 43 informações diferentes tornaria o resultado muito complexo, os vários narradores foram agrupados em seis tipos como é mostrado na Figura 64. Assim, a informação transformada em som é o tipo de narrador que intervém em cada momento.



Figura 64: Tipos de narrador.



Figura 65: Estrutura da melodia dos narradores.

A sonificação deste tipo de informação segue o padrão criado pelo esquema rimático. Como representado na Figura 65, a melodia nesta etapa é criada ao nível do compasso. Cada compasso é constituído por uma sequência variável de 10 notas musicais (6 colcheias e 4 semicolcheias) da escala correspondente à rima respectiva, sendo a primeira e última nota do compasso a tónica da escala. O uso de 10 notas musicais leva a que o compasso tenha a mesma dimensão do verso do poema – 10 sílabas métricas.

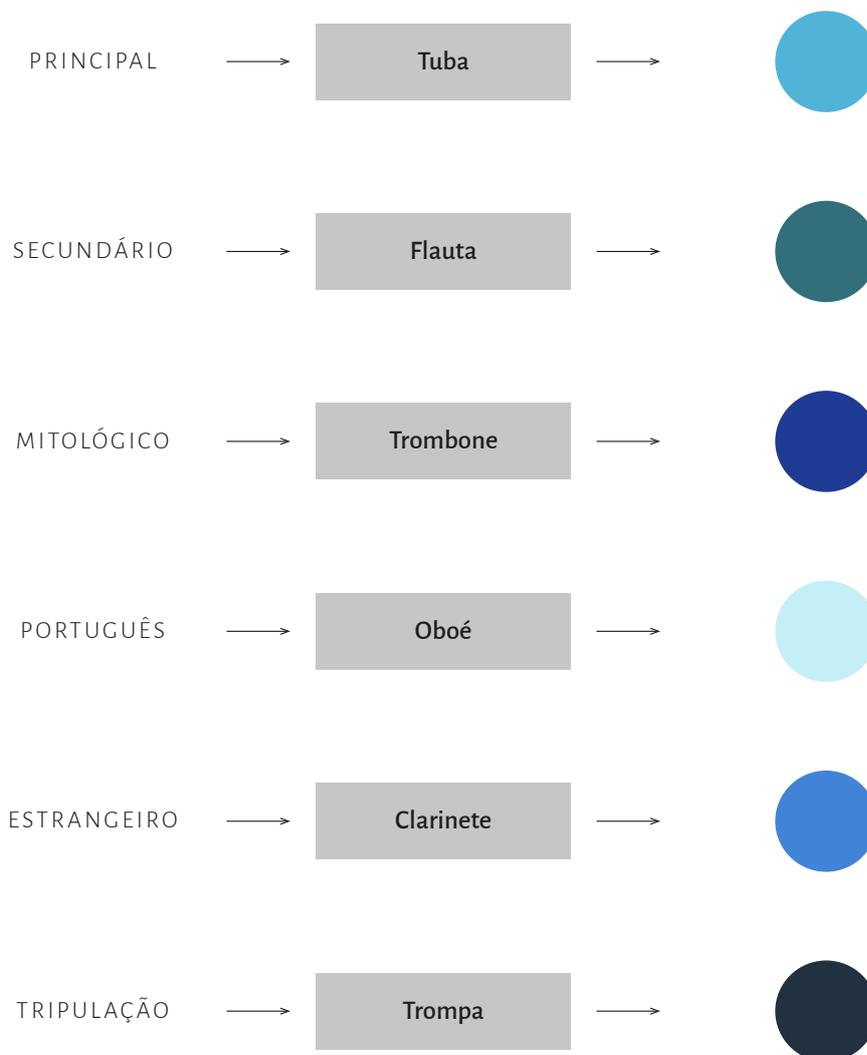


Figura 66: Mapeamento dos tipos de narrador.

Os tipos de narrador são associados, cada um, a um diferente instrumento melódico (Figura 66). Desta forma, cada instrumento toca a melodia durante o tempo de narração do tipo de narrador que representa, como é mostrado no Vídeo 14.

A nível visual, a informação do narrador é representada por compasso, sendo cada compasso tocado pelo narrador apresentado no ecrã (Figura 67 [A]) por uma forma circular cuja cor varia de acordo com o tipo de narrador que representa (Figura 66) e cuja posição varia de acordo com a rima associada ao compasso.

▶ Vídeo 14: Reprodução da sonificação dos narradores do episódio Adeuses em Belém.



Figura 67: Screenshot da componente visual dos narradores no episódio Adeuses em Belém.

Este tipo de informação é sonificada em todos os *zooms* existentes, no entanto o resultado sonoro acaba por variar de excerto para excerto, pois com o aumento de detalhe é possível transformar em som intervenções que a nível global não seriam visíveis.

#### 4.6.3 PLANOS NARRATIVOS

O poema é dividido em 4 planos narrativos, representados na Figura 68, que podem existir em simultâneo.



Figura 68: Planos narrativos.

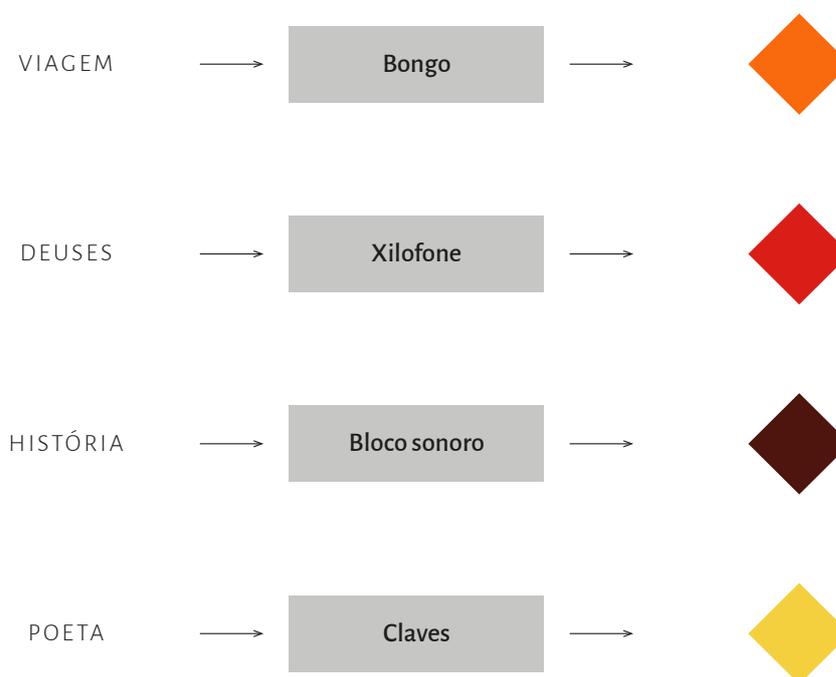


Figura 69: Mapeamento dos planos narrativos.

Os planos narrativos são associados, cada um, a um instrumento de percussão diferente que toca um padrão rítmico específico que se repete em cada compasso (Figura 69). A visualização dos planos narrativos é feita também ao nível do compasso, sendo que cada compasso tocado pelo plano é representado por um losango cuja cor varia consoante o plano a que está associado (Figura 69).

O tipo de informação sonificado a este nível é feito através do método de mapeamento de parâmetros e varia consoante o *zoom* em que o sistema se encontra. Assim, a informação dos planos narrativos sonificada pode tanto ser a sua frequência, como a sua presença.

## FREQUÊNCIA DOS PLANOS NARRATIVOS

A sonificação da frequência dos planos narrativos ocorre apenas no *zoom* 0, ou seja, quando está a ser visualizada a obra integral. Neste caso os planos narrativos tocam durante toda a obra, sendo que o volume do som varia de acordo com a variação do número de estrofes que o plano respectivo tem em cada canto (Vídeo 15).

Em termos visuais, o volume do plano subnarrativo é representado pela dimensão do losango representativo (Figura 70 [A]).

 Vídeo 15: Reprodução de um excerto da sonificação dos planos narrativos do poema.

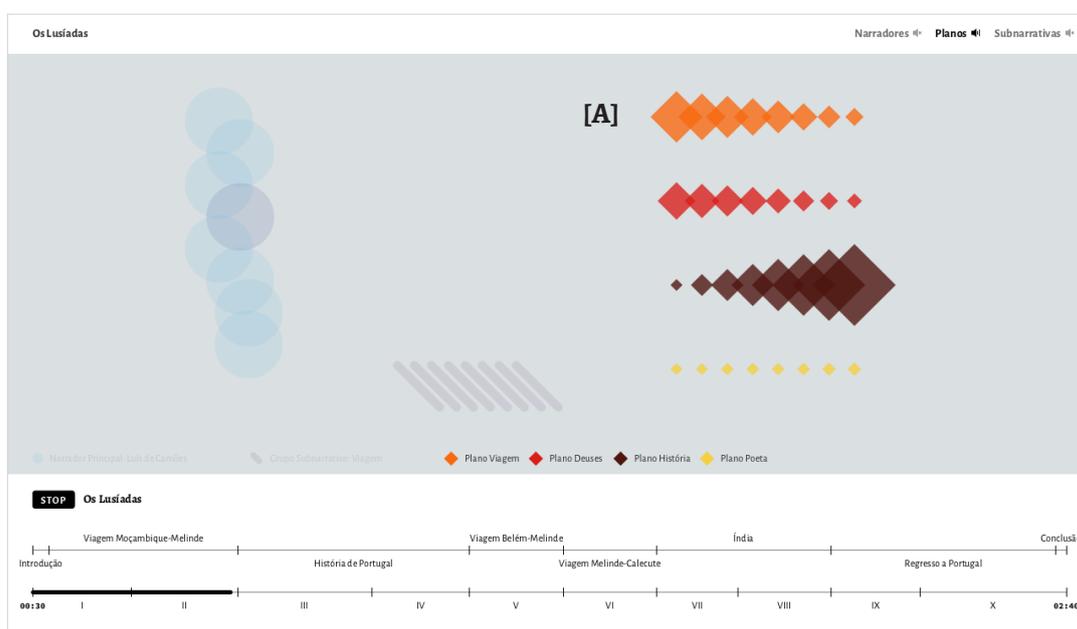


Figura 70: Screenshot da componente visual dos planos narrativos no *zoom* 0.

## PRESENÇA DOS PLANOS NARRATIVOS

A sonificação da presença dos planos narrativos ocorre nos *zooms* 1 e 2, ou seja, quando está a ser lida uma subnarrativa, canto ou episódio. Neste caso os planos narrativos tocam apenas no momento em que estão presentes, podendo os vários planos intercalar-se entre si (Vídeo 16).

A este nível a visualização do plano narrativo ocorre apenas quando o seu respectivo instrumento está a tocar (Figura 71 [A]).



Vídeo 16: Reprodução da sonificação dos planos narrativos do episódio Calecute (III).

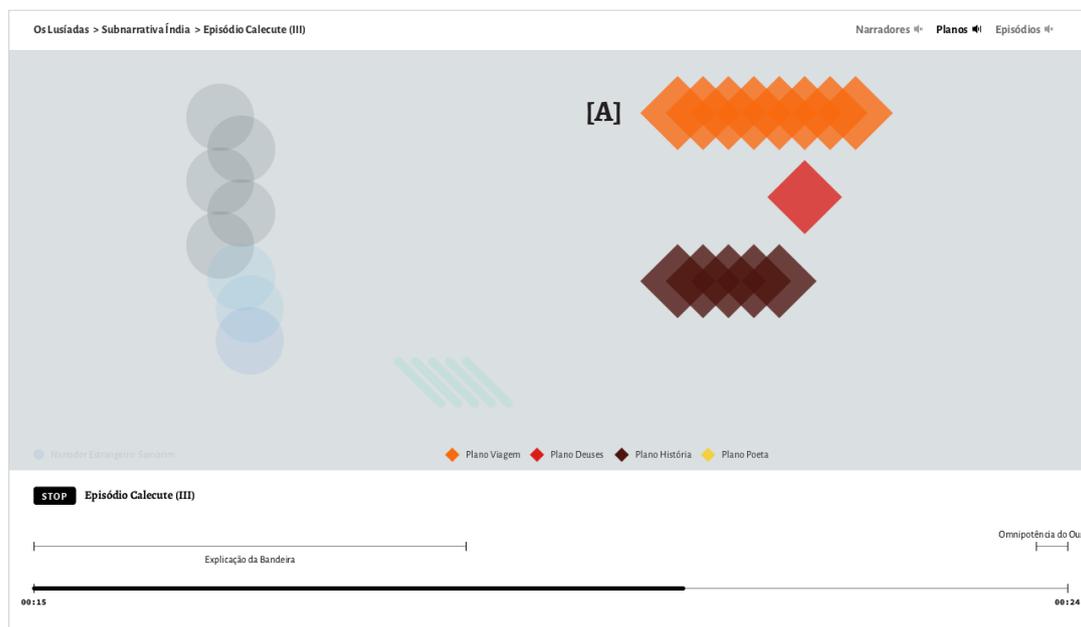


Figura 71: Screenshot da componente visual dos planos narrativos no episódio Calecute (III).

#### 4.6.4 SUBDIVISÕES

As subdivisões da obra que são sonificadas podem dividir-se em três grupos como é mostrado na Figura 72. O método de sonificação utilizado em todos os grupos são os ícones auditivos, que tiram partido da associação de sons familiares à informação trabalhada. A nível visual, todos os grupos são representados pela mesma forma – o traço –, no entanto a paleta de cores utilizada varia consoante o tipo de subdivisão.



Figura 72: Tipos de subdivisão.

## SUBNARRATIVAS

Este tipo de informação é tocado apenas no *zoom 0*, ou seja, antes de estar selecionado um canto ou subnarrativa. O poema é constituído por 8 subnarrativas que para efeitos de sonificação foram divididas em três grupos como mostra a Figura 73.



Figura 73: Grupos subnarrativos.

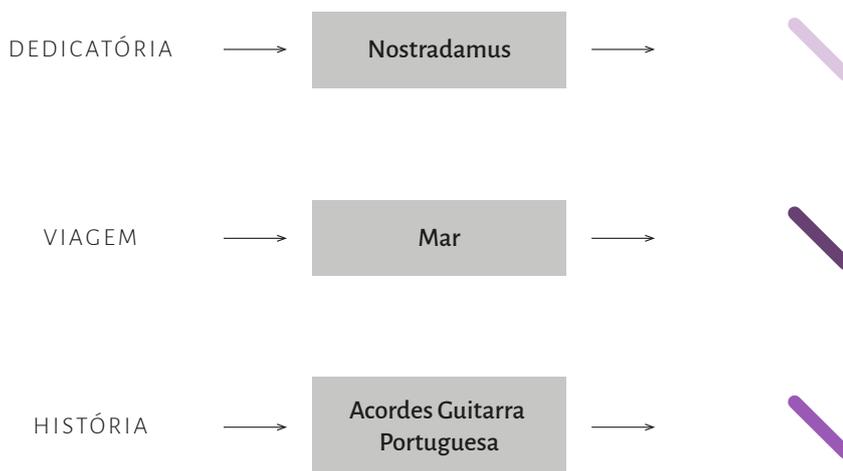


Figura 74: Mapeamento dos grupos subnarrativos.

Cada grupo subnarrativo é associado a um trecho sonoro que se considera representativo do grupo respectivo (Figura 74). Ao nível da Dedicatória foi aplicado um trecho de som do filme *Nostradamus* existente na Base de dados de bandas sonoras para música e emoção (Eerola & Vuoskoski, 2010), de forma a que o som transmitisse a sensação de que algo está a ser anunciado (Som 12). Na Viagem foi usado o som do mar, visto que é uma viagem marítima (Som 13) e na História foi usada a gravação de dois acordes de Guitarra Portuguesa (Som 14).

🔊 Som 12: Som associado à Dedicatória (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online

🔊 Som 13: Som associado à Viagem (Luftrum, 2015).

🔊 Som 14: Som associado à História. Colocar online

Cada um destes trechos seleccionados toca durante a presença da subnarrativa que representa, como pode ser visto no Vídeo 17. No ecrã do sistema (Figura 75 [A]) cada grupo subnarrativo é representado por um traço associado a uma cor diferente dentro da mesma paleta de cores (Figura 74).

▶ Vídeo 17: Reprodução da sonificação das subnarrativas do poema.

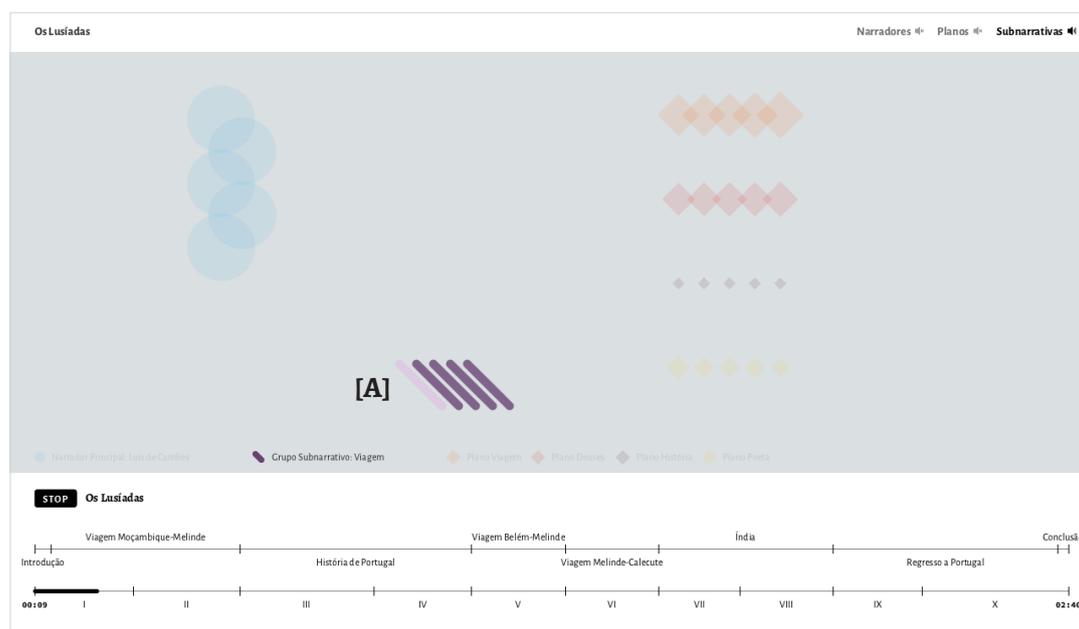


Figura 75: Screenshot da componente visual das subnarrativas.

## EPISÓDIOS

A presença dos episódios é sonificada no zoom 1, ou seja, quando está selecionado um canto, subnarrativa ou episódio de maiores dimensões.

A obra *Os Lusíadas* foi dividida num total de 56 episódios que devido ao seu número elevado foram agrupados em diferentes tipos, como mostra a Figura 76, para efeitos de sonificação.



Figura 76: Tipos de episódio.

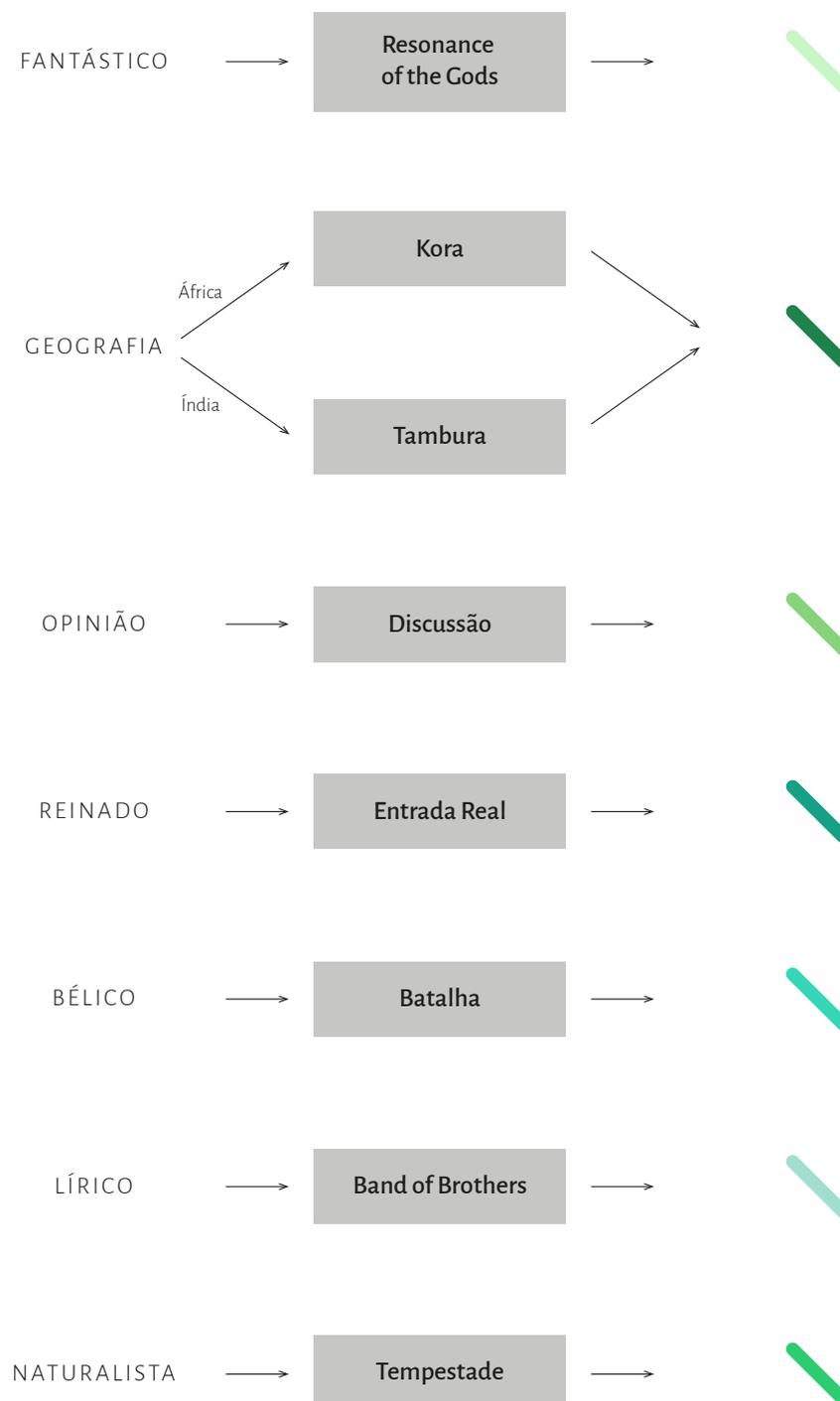


Figura 77: Mapeamento dos tipos de episódio.

Cada tipo de episódio é associado a um trecho sonoro que se considera representativo da temática do excerto (Figura 77). Os episódios inseridos no Fantástico foram associados ao trecho da música *Resonance of The Gods* (Som 15). Nos episódios geográficos foram usadas duas gravações, dependendo do local onde se inserem: a África foi associado ao som da Kora, harpa usada no continente africano (Som 16); e a Índia foi associada ao som da Tambura, instrumento de origem indiana (Som 17). Nos episódios de Opinião foi aplicado um som que remete para uma discussão (Som 18), retirado da Base de dados de bandas sonoras para música e emoção (Eerola & Vuoskoski, 2010). O Reinado é associado à gravação de uma entrada real (Som 19) e ao nível Bélico é aplicado o som de uma batalha (Som 20). No tipo Lírico é utilizado um trecho do filme *Band of Brothers* (Som 21) retirado da Base de dados de bandas sonoras para música e emoção (Eerola & Vuoskoski, 2010). Por fim, o tipo Naturalista é associado ao som de uma tempestade (Som 22).

-  Som 15: Som associado ao Fantástico (anankalisto, 2011).
-  Som 16: Som associado à Geografia (África) (dobroide, 2011).
-  Som 17: Som associado à Geografia (Índia) (sankalp, 2012).
-  Som 18: Som associado à Opinião (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.
-  Som 19: Som associado ao Reinado (Dunn, 2007).
-  Som 20: Som associado ao Bélico (pfranzen, 2013).
-  Som 21: Som associado ao Lírico (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.
-  Som 22: Som associado ao Naturalista ("Hurricane 01").

Cada um destes áudios toca durante a ocorrência do episódio que representa, como pode ser ouvido no Vídeo 18. A nível visual (Figura 78 [A]), os tipos de episódio existentes são representados por um traço cuja cor difere dentro da mesma paleta consoante o tipo de episódio (Figura 77).

-  Vídeo 18: Reprodução da sonificação dos episódios da subnarrativa Viagem Belém – Melinde.

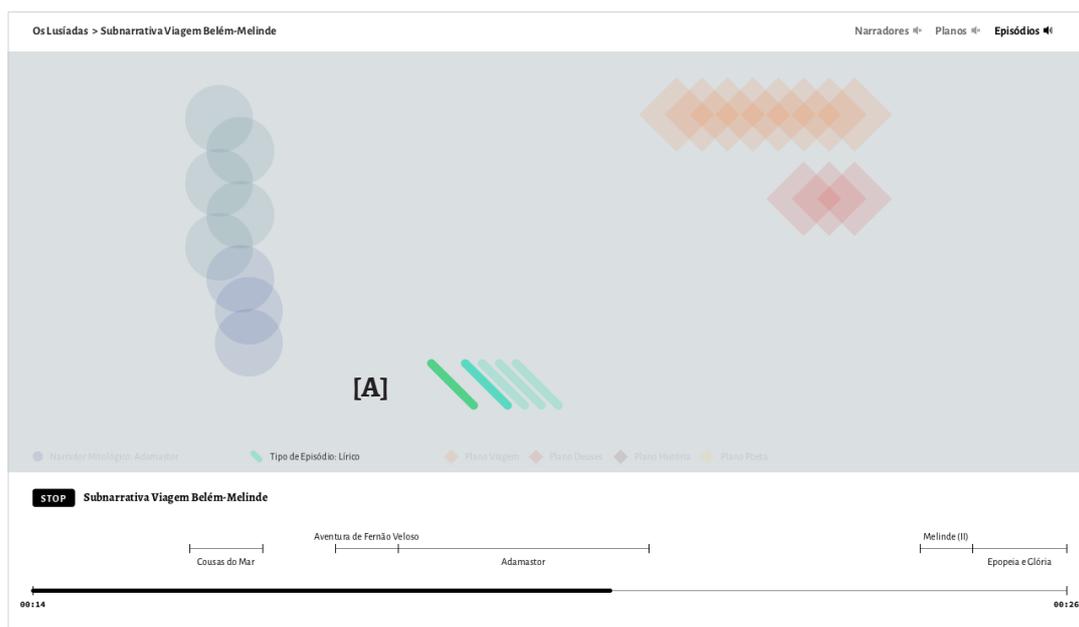


Figura 78: Screenshot da componente visual dos episódios na subnarrativa Viagem Belém – Melinde.

## EMOÇÕES

As emoções são tocadas apenas no último *zoom*, estado onde é sonificado um episódio específico. As emoções recolhidas dos episódios foram inseridas numa escala de emoções representada na Figura 79.



Figura 79: Escala de emoções.

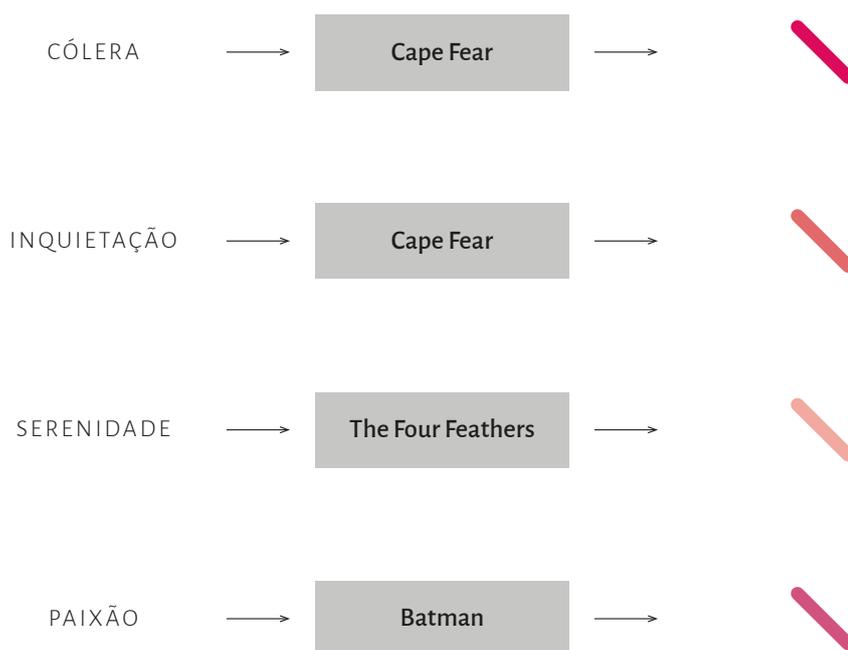


Figura 80: Mapeamento das emoções.

Cada emoção é associada a um trecho sonoro que remete para essa emoção (Figura 80), sendo todos os áudios foram retirados da Base de dados de bandas sonoras para música e emoção (Eerola & Vuoskoski, 2010). A gravação usada para a Cólera (Som 23) é do filme *Cape Fear*, tal como a Inquietação (Som 24). O excerto da Serenidade (Som 25) e da Paixão (Som 26), são retirados, respectivamente, dos filmes *The Four Feathers* e *Batman*.

- 🔊 Som 23: Som associado à Cólera (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.
- 🔊 Som 24: Som associado à Inquietação (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.
- 🔊 Som 25: Som associado à Serenidade (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.
- 🔊 Som 26: Som associado à Paixão (Eerola & Vuoskoski, 2010). Colocar online.

Cada um destes excertos toca durante o período do episódio associado àquela emoção, como pode ser ouvido no Vídeo 19. A nível visual (Figura 81 [A]) as emoções são representadas pelo traço cuja cor é associada a cada um dos elementos da escala (Figura 80).

▶ Vídeo 19: Reprodução da sonificação das emoções do episódio Batalha do Salado.

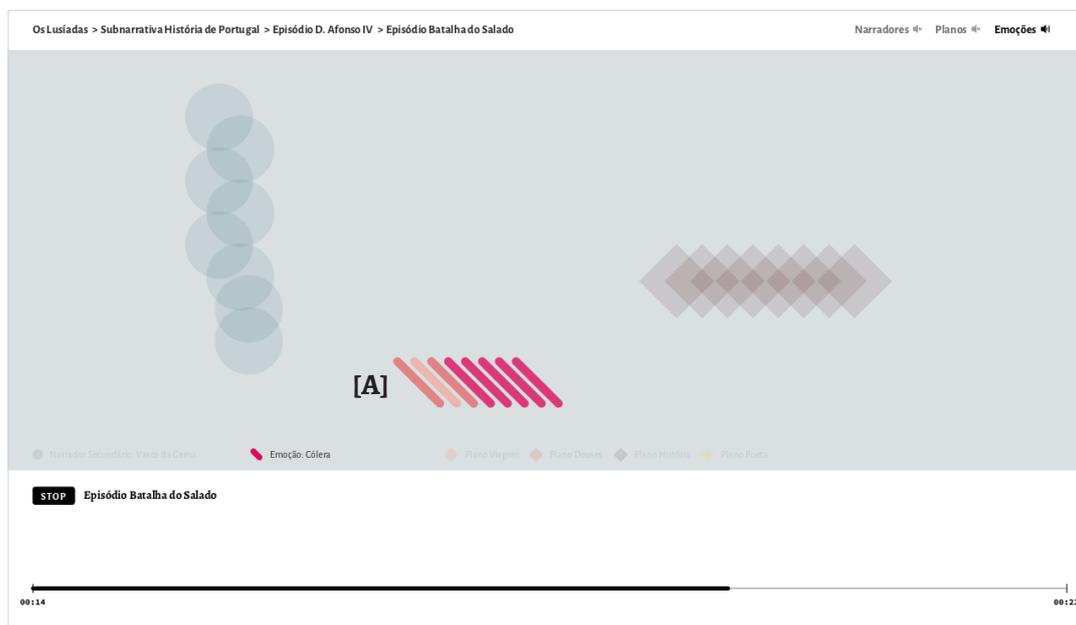


Figura 81: Screenshot da componente visual das emoções no episódio Batalha do Salado.

#### 4.6.5 PROFECIAS

As profecias existentes na obra são sonificadas apenas ao nível do episódio, ou seja, no *zoom 2*. A sonificação da profecia é feita através da aplicação de *reverb* (cf. Glossário) a todo o conteúdo sonoro que está a ser ouvido durante a ocorrência da profecia, efeito que dá a sensação de eco (Vídeo 20).

A nível visual, a presença da profecia é representada pela mudança da cor do fundo (Figura 82).

▶ Vídeo 20: Reprodução da sonificação da profecia do episódio Sonho Profético.

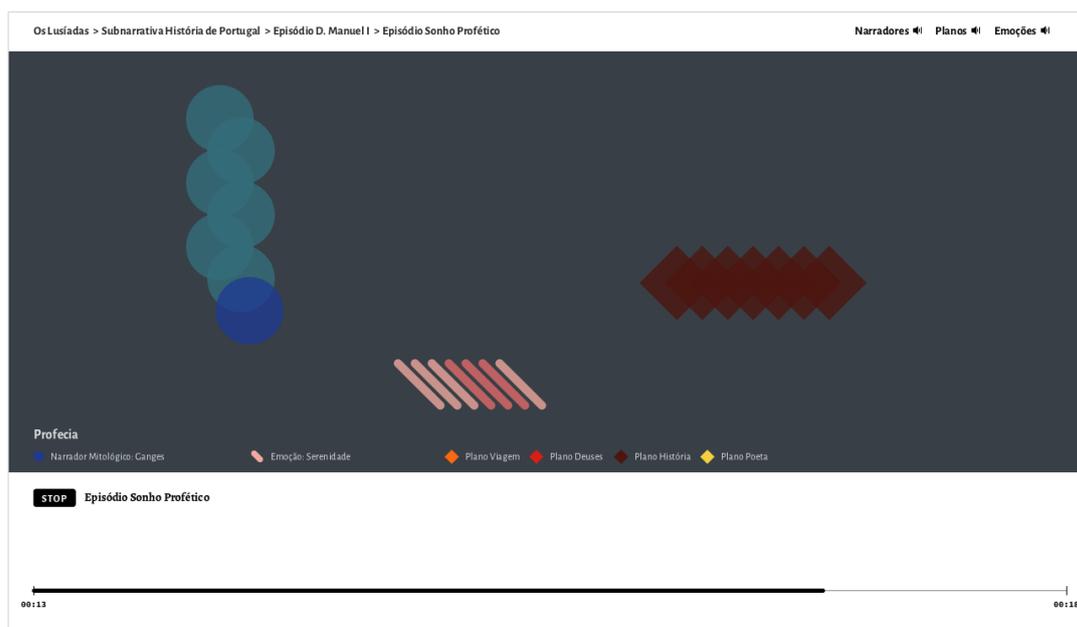


Figura 82: Screenshot da componente visual da profecia no episódio Sonho Profético.

## **5 AVALIAÇÃO DO PROJECTO**

Neste capítulo será abordada a fase de avaliação do projecto de sonificação desenvolvido. Visto que o projecto pretende comunicar informação através de som, é necessário avaliar junto de utilizadores se a informação está a ser compreendida. A aplicação foi testada por um grupo de utilizadores que seguiu um guião previamente estabelecido, realizando um conjunto de tarefas e respondendo a questões.

Nas páginas seguintes serão analisados os resultados obtidos com a aplicação destes testes e as alterações efectuadas de acordo com os resultados.



## 5.1 Testes de Usabilidade

Os testes de usabilidade foram realizados com um conjunto de 10 utilizadores. Estes testes pretendiam compreender como o utilizador interage com o sistema, que tipo de informação consegue perceber através da audição e que obstáculos existem na comunicação da informação ao utilizador. Cada teste teve aproximadamente a duração de 45 minutos.

Para ir ao encontro dos aspectos que se queriam avaliar, o teste foi organizado em quatro grupos de questões: Grupo 1. Dados do utilizador, Grupo 2. Tarefas de rápida execução, Grupo 3. Questões de Análise e Grupo 4. Avaliação Global. É possível consultar o guião do teste de usabilidade no apêndice – C Guião do Teste de Usabilidade – na página 185. No apêndice D Resultados dos Testes de Usabilidade (p. 193) encontram-se os resultados recolhidos dos testes aplicados.

### 5.1.1 UTILIZADORES

No primeiro grupo do teste foi recolhida informação do utilizador e foram feitas algumas afirmações acerca do conhecimento d'*Os Lusíadas*, as quais exigiam do utilizador uma avaliação numa escala de concordância: (Discordo Muito) 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Concordo Muito). Estas afirmações pretendiam perceber o grau de familiaridade que o utilizador tinha com o poema.

Afirmações:

- A1. Conheço o livro *Os Lusíadas*.
- A2. Sei quais as principais temáticas do livro.
- A3. Conheço a história principal que é contada.
- A4. Já li excertos do livro.

O grupo de utilizadores seleccionado tem entre 22 e 28 anos. Metade dos utilizadores tem formação na área de Design e Multimédia, enquanto que os restantes são de áreas não tecnológicas. Desta forma, pode-se avaliar se a aplicação é também compreensível a utilizadores que não têm tanto contacto com este tipo de sistemas.

Na Figura 83 pode-se visualizar o grau de concordância com as afirmações anteriormente referidas. É possível concluir que o grupo de avaliação seleccionado tem bastante familiaridade com a obra, tendo um conhecimento geral das suas principais temáticas e tendo já lido alguns excertos do poema.

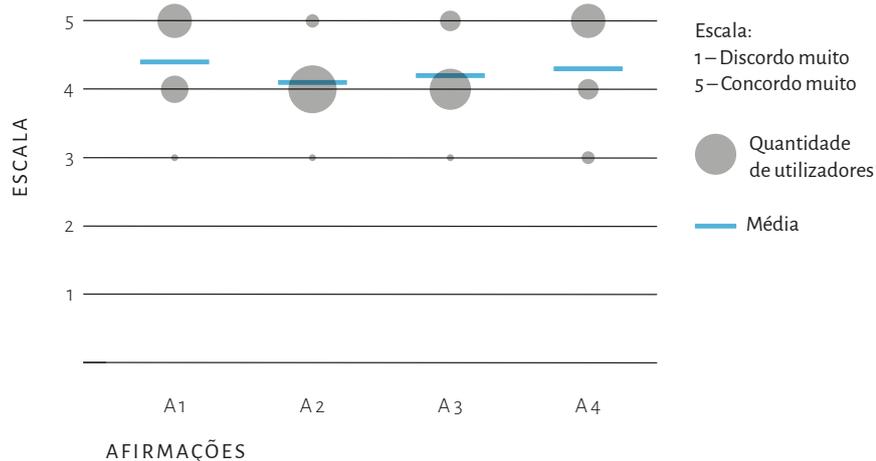


Figura 83: Familiaridade com a obra *Os Lusíadas*.

### 5.1.2 TAREFAS RÁPIDAS

O segundo grupo (Grupo 2. Tarefas de rápida execução) era constituído por um conjunto de tarefas rápidas, as quais pretendiam avaliar a capacidade do utilizador em usar as diferentes funcionalidades presentes na aplicação e identificar a informação apresentada.

Tarefas:

- T1. Inicie a reprodução d'*Os Lusíadas*.
- T2. Seleccione o Canto VI na cronologia.
- T3. Identifique o tempo total deste excerto.
- T4. Inicie a reprodução do canto seleccionado.
- T5. Desligue a reprodução dos Narradores nos filtros.
- T6. Pare a reprodução do canto.
- T7. Retroceda para a fase inicial do programa.
- T8. Seleccione a subnarrativa da Índia.
- T9. Inicie a reprodução desta subnarrativa.
- T10. Desligue o filtro dos Planos.
- T11. Active todos os filtros.
- T12. Identifique o tipo de subunidade que está a tocar.

- T13. Identifique a informação do narrador neste momento da reprodução.
- T14. Identifique os planos narrativos que estão a tocar neste momento.
- T15. Identifique o tempo da música em que a reprodução se encontra.
- T16. Indique a forma que representa a informação do narrador.
- T17. Indique a forma que representa a informação dos planos.
- T18. Indique a forma que representa a informação das subunidades.
- T19. Selecciona a subunidade da Europa Cristã.
- T20. Retroceda para a Subnarrativa Índia.

Na realização destas tarefas foi cronometrado o seu tempo de execução e o utilizador avaliou o grau de dificuldade de cada tarefa através da escala: (Muito Difícil) 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Muito Fácil). No fim da realização destas tarefas era apresentada uma lista de afirmações que o utilizador tinha de classificar através da escala de concordância: (Discordo Muito) 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Concordo Muito).

Afirmações:

- A5. Compreendi como iniciar a reprodução de um excerto.
- A6. Compreendi como parar a reprodução de um excerto.
- A7. A informação do tempo total de um excerto é clara e perceptível.
- A8. A informação do tempo em que se encontra um resultado sonoro é clara e perceptível.
- A9. Compreendi como seleccionar um excerto da cronologia de divisões.
- A10. Compreendi que a largura de cada divisão na cronologia representa o tamanho desse excerto.
- A11. Compreendi como seleccionar a informação que pretendo ouvir através dos filtros.
- A12. Compreendi como retroceder para as diferentes fases do programa.
- A13. Através da informação na legenda sou capaz de saber que informação se encontra a tocar naquele momento.
- A14. A legenda que acompanha a reprodução é clara e perceptível.
- A15. Sou capaz de identificar que informação cada forma geométrica representa.
- A16. As cores usadas para identificar os diferentes tipos de informação são facilmente diferenciáveis.

As Figuras 84 a 87 apresentam os resultados obtidos neste grupo do teste de usabilidade.

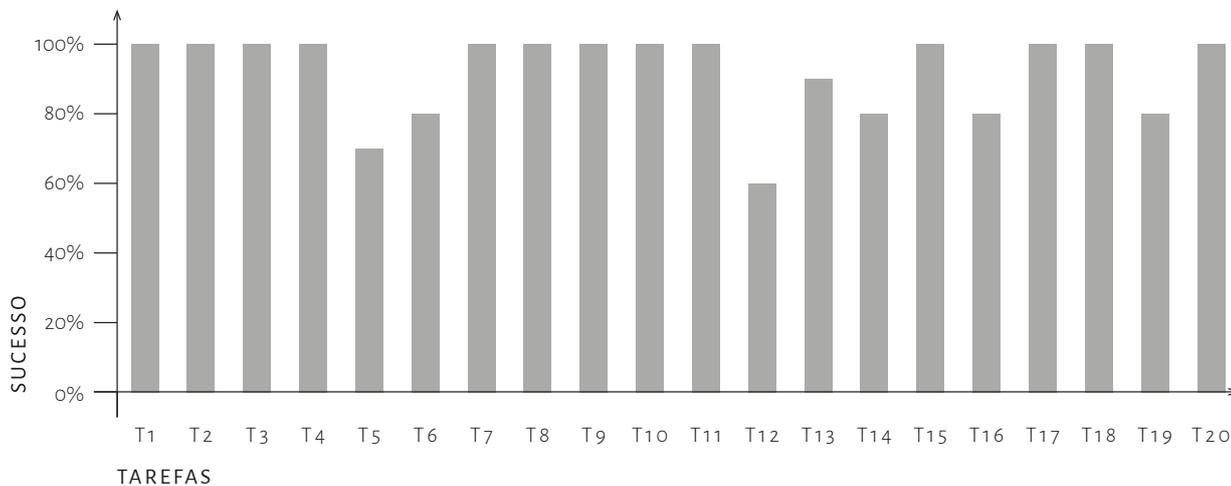


Figura 84: Percentagem de tarefas correctamente executadas do grupo 2.

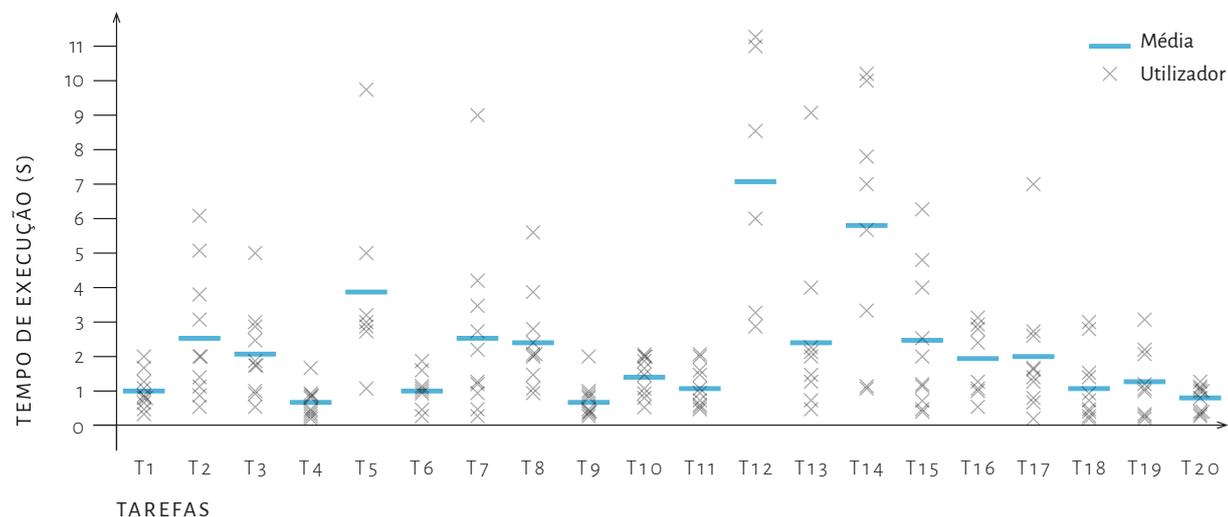


Figura 85: Tempo de execução de tarefas do grupo 2.

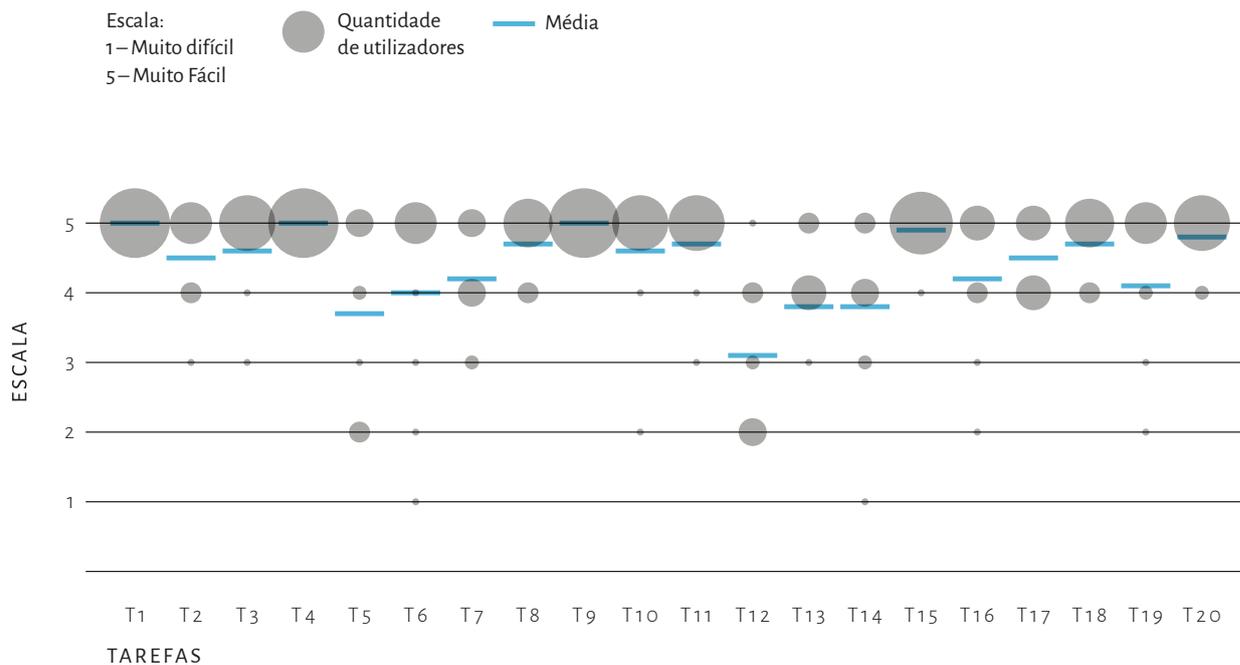


Figura 86: Grau de dificuldade de tarefas do grupo 2.

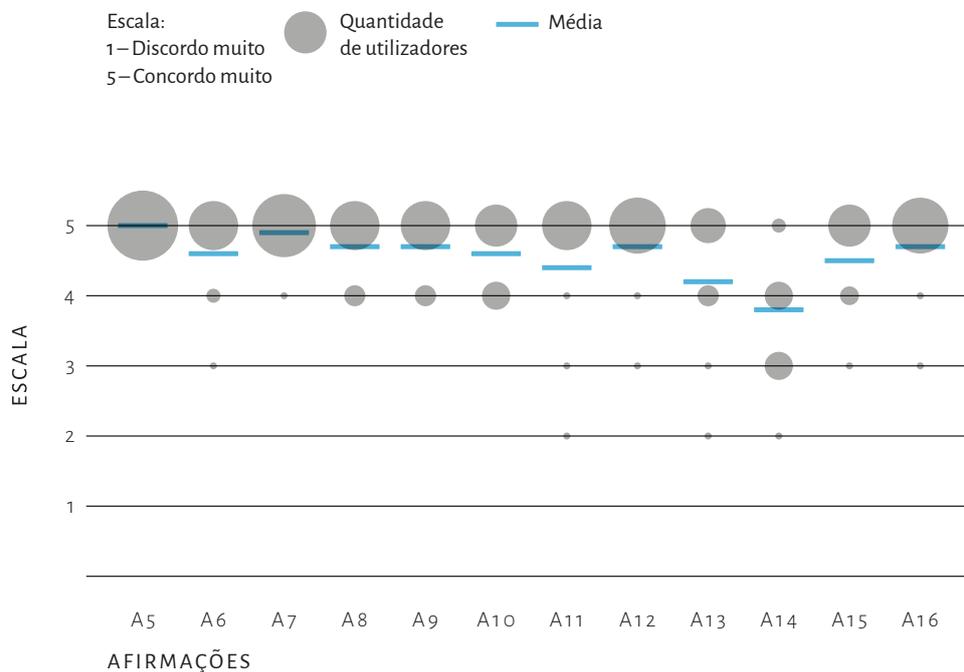


Figura 87: Grau de concordância das afirmações do grupo 2.

Na Figura 84 é possível visualizar a percentagem de sucesso na realização de cada tarefa. Estas tarefas foram executadas pela grande maioria do grupo, existindo apenas alguns casos de insucesso: na primeira tarefa relacionada com os filtros (T5), nas tarefas ligadas à legenda que acompanha a reprodução (T12, T13, T14, T16) e em duas tarefas de navegação (T6, T19).

O gráfico da Figura 85 apresenta as diferentes durações de cada tarefa e a média de tempo gasto. Através da análise do gráfico é possível verificar que apenas três tarefas (T5, T12, T14) têm um tempo médio de execução superior a 3 segundos, coincidindo com as tarefas que tinham maior taxa de insucesso.

Também, através da visualização da Figura 86, é possível verificar que as tarefas consideradas mais difíceis, com uma média menor que 4, coincidem também com as anteriores (T5, T12, T13, T14).

Já no gráfico da Figura 87 retira-se que as afirmações com menos concordância estão relacionadas com os filtros (A11) e a legenda (A13, A14).

Desta forma, após este primeiro grupo de tarefas, é possível identificar duas áreas mais críticas: a legenda, onde várias tarefas relacionadas com esta funcionalidade tiveram alguma taxa de insucesso, os utilizadores foram mais morosos na sua realização e consideraram-nas mais difíceis; e os filtros, embora com menos relevância, uma vez que apenas a primeira tarefa relacionada com os filtros (T5) é que teve uma maior taxa de insucesso e tempo de execução maiores, sendo que as restantes (T10, T11) foram de fácil execução para os utilizadores.

Em relação às tarefas ligadas à navegação (T6, T19), embora a sua taxa de sucesso não seja 100%, não é considerada uma área problemática, uma vez que os seus tempos de execução são muito baixos, podendo as taxas de insucesso ser apenas casos pontuais.

### 5.1.3 QUESTÕES DE ANÁLISE

No terceiro grupo do teste era pedido ao utilizador que ouvisse três excertos diferentes da obra e respondesse a um conjunto de questões associadas a cada excerto. Este grupo de tarefas permitia assim explorar mais aprofundadamente que níveis de detalhe da história são percebidos através da sonificação e até que ponto a informação relevante é retida. Permite, também, compreender se o utilizador é capaz de interpretar os dados que lhe são enviados e retirar conclusões acerca destes.

Este grupo dava liberdade ao utilizador de explorar o sistema da forma que pretendesse, podendo ouvir o número de vezes necessárias o excerto e utilizar as funcionalidades existentes (por exemplo os filtros).

Tarefas:

T21. Reproduza a obra completa *Os Lusíadas* (retroceda para a fase inicial do programa caso se encontre com outro excerto seleccionado). Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Q1 – Que grupos subnarrativos identificou na história?

Q2 – Que plano narrativo está mais presente ao longo de toda a história?

Q3 – Quais os narradores que mais intervêm na narrativa?

Q4 – Considere o momento da história onde se insere a intervenção de Vasco da Gama. Qual pensa que é o seu papel na narrativa?

T22. Reproduza a Subnarrativa Viagem Melinde – Calecute. Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Q5 – Que tipo de subunidades são representadas no excerto?

Q6 – Quais os narradores que intervêm no excerto?

Q7 – Quais os planos narrativos presentes neste excerto?

Q8 – Tendo em conta o momento de intervenção do narrador Fernão Veloso, que tipo de acontecimento pensa que ele descreve?

T23. Reproduza o episódio do Adamastor (*Lusíadas* > Viagem Belém-Melinde). Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Q9 – Identifique os narradores que intervêm neste episódio.

Q10 – Que planos narrativos estão presentes ao longo do episódio?

Q11 – Através da reprodução do carácter da subunidade que emoções consegue identificar ao longo do excerto?

Q12 – Considere o momento em que ocorre a profecia. Quem narra a profecia ?

Q13 – Considere o carácter da subunidade na profecia. Que tipo de acontecimentos considera que poderão estar a ser narrados?

Q14 – Tendo em conta o carácter da subunidade e a intervenção entre os narradores, que conclusões retira?

Soluções:

T21

Q1 – Grupos subnarrativos: Dedicatória, Viagem e História.

Q2 – Plano Narrativo: Plano da Viagem.

Q3 – Narradores: Luís de Camões e Vasco da Gama.

Q4 – Narração da História de Portugal.

T22

Q5 – Tipo de subunidades: Geografia, Fantástico, Bélico, Naturalista e Opinião.

Q6 – Narradores: Luís de Camões, Fernão Veloso e Baco.

Q7 – Planos Narrativos: Plano da Viagem, Plano dos Deuses e Plano do Poeta.

Q8 – Narração de uma batalha inserida no episódio Doze de Inglaterra.

T23

Q9 – Narradores: Vasco da Gama, Adamastor e Thétis.

Q10 – Planos Narrativos: Plano da Viagem e Plano dos Deuses.

Q11 – Emoções: Inquietação, Cólera, Serenidade e Paixão.

Q12 – Narrador: Adamastor.

Q13 – Estão a ser profetizadas tragédias.

Q14 – Momento de confronto e tensão e narração da história da paixão de Adamastor, acabando por Adamastor permitir aos portugueses que continuem viagem.

Os excertos associados a cada tarefa podem ser visualizados nos Vídeos 6, 7 e 8, em anexo no CD que acompanha a dissertação ou acessíveis através do *link* que se encontra na Lista de Vídeos (p. XXI).

Durante a realização deste grupo foi registado o número de reproduções necessárias para responder a cada grupo de questões e no fim da realização destas tarefas era apresentada uma lista de afirmações que o utilizador tinha de classificar através da escala de concordância: (Discordo Muito) 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Concordo Muito).

Afirmações:

A17. A mudança de narrador é facilmente identificável pela alteração do instrumento. A18. Na reprodução da obra completa é notória a variação de volume dos planos narrativos. A19. Os planos narrativos presentes nos restantes excertos são facilmente identificados pelo resultado sonoro.

A20. A mudança de grupo subnarrativo é notória no resultado sonoro.

A21. A mudança do tipo de subunidade é notória no resultado sonoro.

A22. A mudança do carácter da história é notória no resultado sonoro.

A23. É fácil identificar os acontecimentos gerais de uma subnarrativa através da audição do resultado.

A24. O carácter presente numa subunidade é bem reflectido pelo seu equivalente sonoro.

A25. A presença da profecia é facilmente perceptível no resultado sonoro.

A26. Sou capaz de identificar mudanças na informação através do som quando isolo um tipo de informação nos filtros.

A27. Sou capaz de identificar mudanças de instrumentos e a informação a que correspondem com todos os filtros activos.

A28. Sou capaz de relacionar os vários tipos de informação sonificados e retirar conclusões sobre um momento específico.

As Figuras 88 a 90 apresentam os resultados obtidos neste grupo de análise.

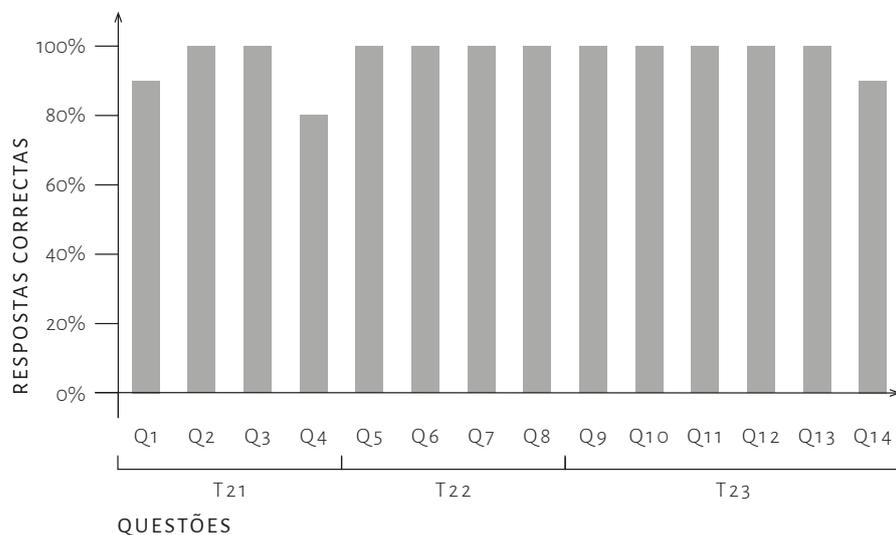


Figura 88: Percentagem de respostas correctas do grupo 3.

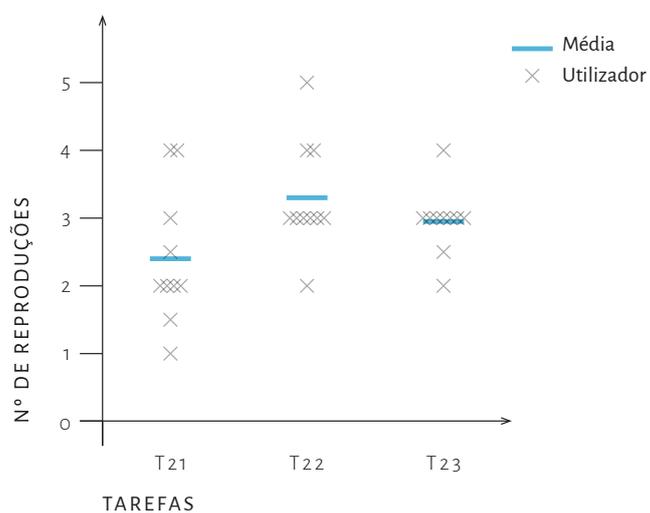


Figura 89: Número de reproduções efectuadas em cada tarefa do grupo 3.

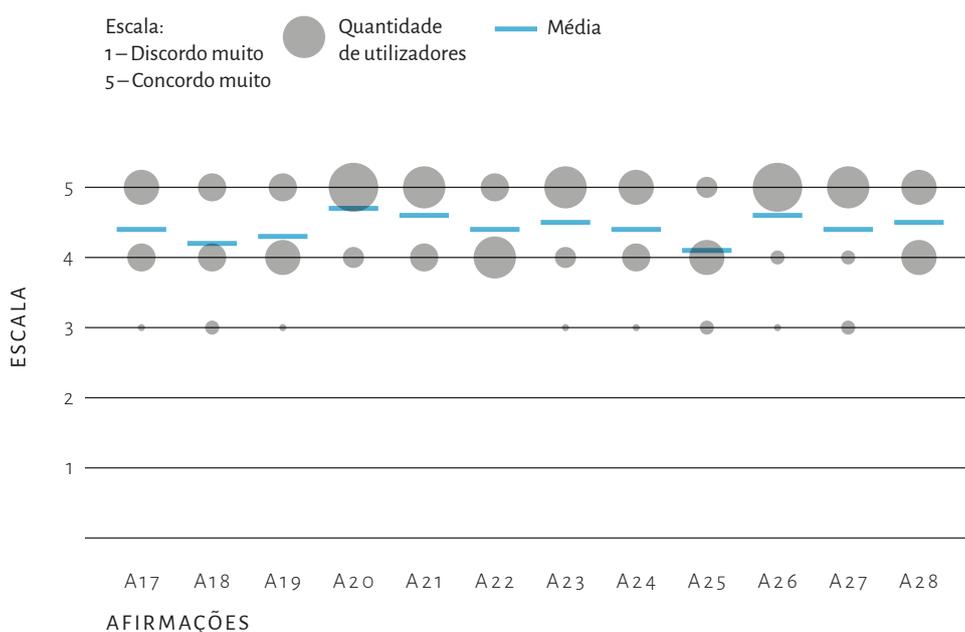


Figura 90: Grau de concordância das afirmações do grupo 3.

Pela análise da Figura 88 é possível verificar que no geral os utilizadores foram capazes de responder às questões que lhes eram apresentadas, sendo que há apenas três questões que não foram respondidas correctamente por todos os utilizadores (Q1, Q4, Q14), mas o número de insucessos é muito baixo.

Na Figura 89 pode-se visualizar o número total de reproduções efectuadas por cada utilizador para responder aos diferentes grupos de questões, concluindo-se que em média o utilizador necessitou de reproduzir o excerto 3 vezes para retirar toda a informação necessária. Outro aspecto que embora não tenha sido contabilizado durante a execução dos testes mas que foi notório, foi o facto de a maioria dos utilizadores raramente necessitar de isolar um tipo de informação através dos filtros para responder às questões.

Através da Figura 90 é possível verificar que as afirmações relacionadas com a compreensão dos resultados sonoros têm um grande grau de concordância, todas acima de 4, sem grandes discrepâncias entre si.

#### 5.1.4 AVALIAÇÃO GLOBAL

O último grupo do teste pretendia recolher uma avaliação global do sistema e fazer o levantamento de sugestões ou outras dificuldades não previstas. Desta forma, era apresentada uma lista de afirmações que o utilizador tinha de classificar através da escala de concordância: (Discordo Muito) 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (Concordo Muito).

Afirmações:

A29. Achei a aplicação de fácil utilização.

A30. Considerei o sistema desnecessariamente complexo.

A31. Não tive dificuldades a aprender a navegar na aplicação.

A32. Acho que precisaria da ajuda de um técnico para ser capaz de utilizar este sistema.

A33. As várias funções do sistema estão bem integradas.

A34. Penso que há demasiada inconsistência na aplicação.

A35. Penso que a maioria das pessoas seria capaz de aprender rapidamente a utilizar esta aplicação.

A36. Senti dificuldade em perceber toda a informação que era apresentada no ecrã.

A37. Sinto que precisava de compreender melhor a temática da aplicação para a utilizar.

A38. Fui capaz de extrair informação relevante da obra *Os Lusíadas*.

A39. Tive dificuldades em compreender que informação estava a ser expressa pelo resultado sonoro.

A40. A legenda permite acompanhar as mudanças sonoras.

A41. A componente visual que acompanha a música facilita a percepção das alterações que ocorrem a nível sonoro.

A42. Fui capaz de responder às questões sobre a obra sem grande dificuldade.

A43. Penso que uma secção de ajuda na aplicação auxiliaria a compreensão dos diferentes elementos presentes no ecrã.

**Por fim, foram feitas questões para recolher sugestões e dificuldades sentidas.**

Questões:

Q1 – Senti falta de alguma informação para responder a alguma das questões? Se sim indique o número da questão e que tipo de informação.

Q2 – Senti dificuldade em usar as ferramentas da aplicação para responder às questões? Se sim indique o número da questão e a dificuldade sentida.

Q3 – Senti necessidade de alguma ferramenta adicional para facilitar a resposta às questões? Se sim que tipo de ferramenta e em que questão poderia ter facilitado..

Q4 – Sugira o que alteraria na aplicação que usou para a melhorar.

A Figura 91 apresenta os resultados de concordância das afirmações deste grupo.

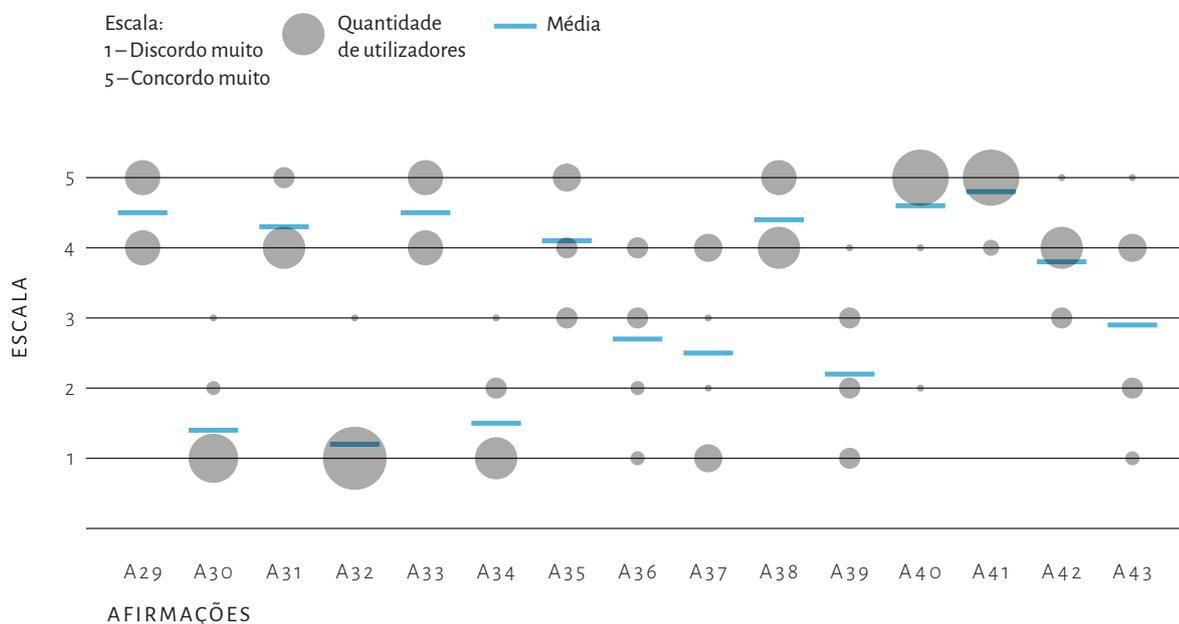


Figura 91: Grau de concordância das afirmações do grupo 4.

Da análise do gráfico é possível perceber que a maioria dos resultados são positivos, as afirmações positivas têm uma concordância maior que 4 e as negativas uma concordância menor que 2. No entanto, existem alguns casos que variam em relação a esta tendência (A36, A37, A39, A42, A43), que estão em parte relacionados com a compreensão da informação que é apresentada e a falta de conhecimento da obra. Embora os utilizadores fossem capazes de responder às questões que lhes foram propostas sentiram alguma dificuldade em compreender toda a informação através do som.

As sugestões feitas pelos utilizadores vão ao encontro da problemática principal identificada: a legenda. Outras das sugestões estão relacionadas com as cores utilizadas para identificar os planos narrativos, as denominações usadas para identificar os vários excertos e o controlo de reprodução do resultado sonoro.

## 5.2 Alterações efectuadas

Através da análise dos resultados obtidos é possível identificar uma área onde é necessário um maior cuidado, na apresentação da informação. A área com menos sucesso a nível de execução foi a legenda, os utilizadores muitas vezes ignoravam-na ou consideravam-na pouco identificativa. Um aspecto que veio reforçar a dificuldade de compreensão da legenda foi os termos usados para classificar os tipos de excerto, área que após os testes de usabilidade sofreu alterações: a denominação de subunidade e carácter foi mudada, respectivamente, para episódio e emoção. Estas denominações verificaram-se confusas durante os testes, devido à similaridade com outros termos usados, levando a que várias vezes o utilizador não soubesse que informação estava à procura. Penso que esta mudança poderá tornar mais explícita as diferenças entre planos narrativos, subnarrativas, episódios e emoções, permitindo assim compreender mais facilmente o que é apresentado.

Ainda na área da apresentação da informação foi modificada a disposição e configuração da legenda, de forma a tentar clarificar a informação contida nela (Figuras 92 e 93).

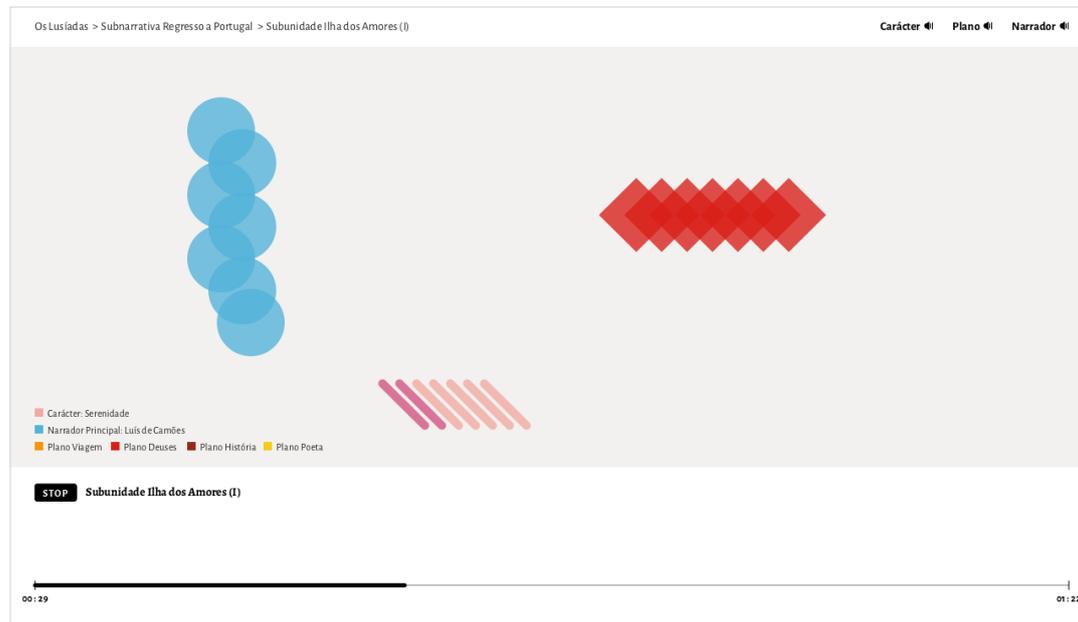


Figura 92: Screenshot da aplicação com a legenda inicial.

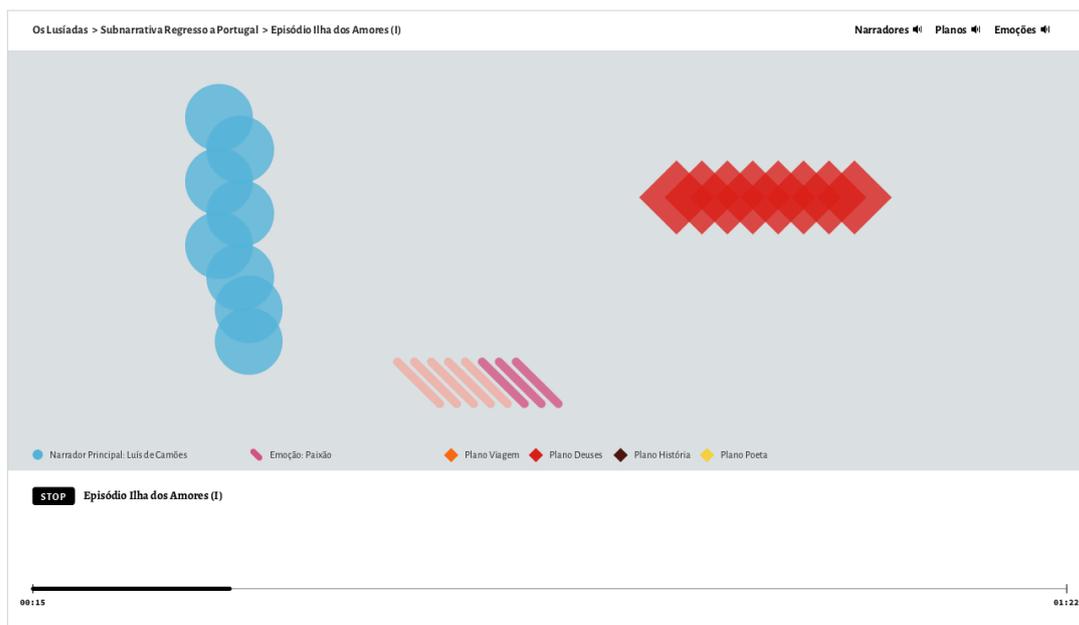


Figura 93: Screenshot da aplicação com a legenda final.

Outra das características alteradas na legenda e apresentação da informação foi a sinalização da profecia, tentando através da legenda e da cor do fundo criar mais impacto ao utilizador (Figuras 94 e 95).

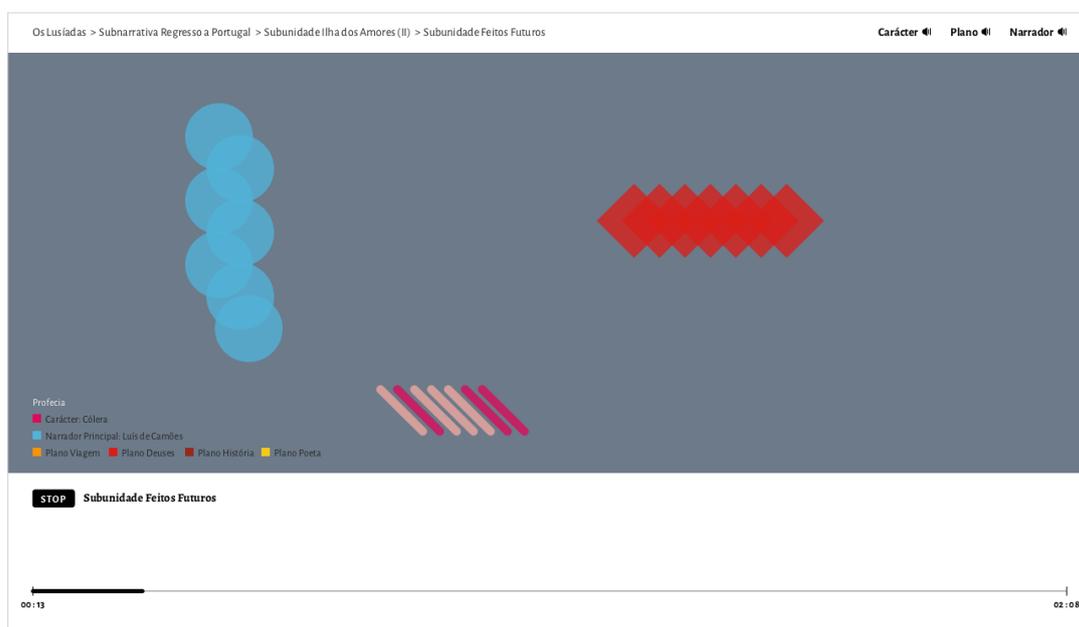


Figura 94: Configuração da profecia inicial.

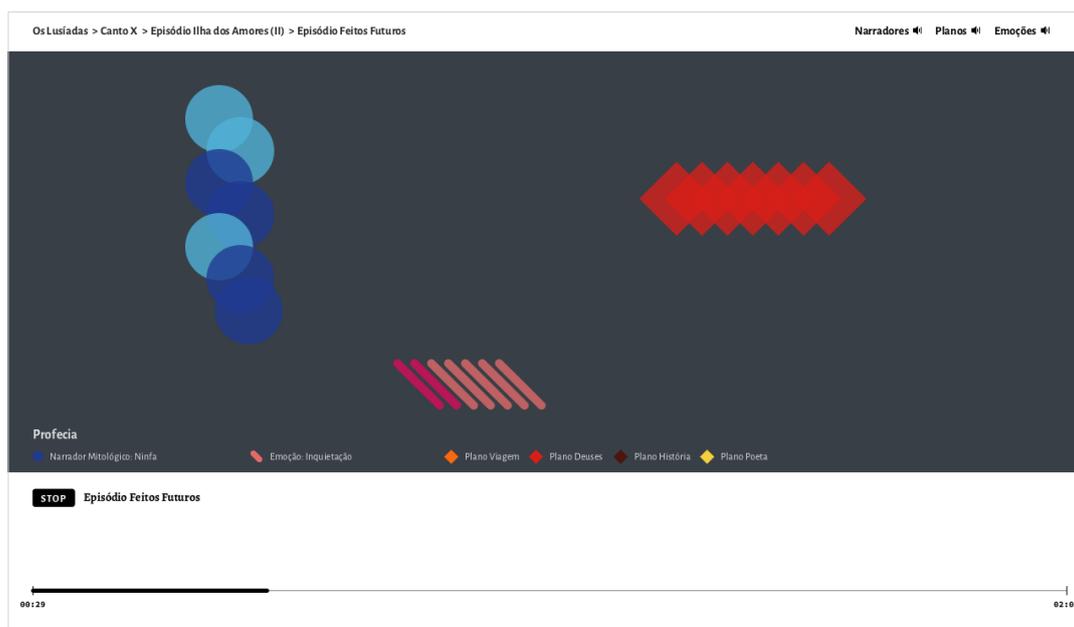


Figura 95: Configuração da profecia final.

Também ao nível da cor, foram feitos pequenos ajustes na cor de fundo em reprodução normal, para dar mais intensidade às cores usadas na componente visual e diminuir possíveis dificuldades na sua distinção. Mesmo assim, foram reforçadas as cores dos planos narrativos, para se tornarem mais contrastantes entre si, devido ao grande número de sugestões a este nível.

A área dos filtros sofreu também pequenos ajustes, tentando tornar mais marcante a diferença entre os filtros activos e inactivos. Embora os filtros tenham sido difíceis de identificar por alguns utilizadores, a maioria teve bastante facilidade na sua utilização. Os casos de maior dificuldade poderão dever-se à falta de familiaridade com sistemas do género, uma vez que após o conhecimento do seu modo de funcionamento, esta passava a ser uma funcionalidade facilmente usada pelo utilizador.

As áreas de navegação foram também reforçadas tipograficamente, para terem um maior destaque em comparação com outras áreas não clicáveis. Ao nível do controlo da reprodução, existiram tarefas com algum grau de insucesso, uma vez que os utilizadores usavam funções não implementadas para controlar o *start/stop* do resultado: o clique em todo o ecrã de visualização ou a barra de espaços, que foram implementadas após a realização dos testes.

Ainda em termos de alterações, houve outros aspectos sugeridos, que embora não fossem implementados, poderão ser alvo de desenvolvimento em trabalho futuro, como é o caso da existência de uma secção introdutória na aplicação, de apresentação do sistema e funcionalidades gerais. Esta característica, embora na aplicação dos testes de usabilidade não tenha grande relevância pois eram testes acompanhados, na aplicação do projecto noutras áreas poderá ter interesse.



## **6 REFLEXÃO**

Neste capítulo pretende-se reflectir sobre os resultados obtidos no desenvolvimento da dissertação, as dificuldades encontradas e as perspectivas futuras para o projecto.



## RESULTADOS OBTIDOS

Com o desenvolvimento deste projecto de dissertação obteve-se, como produto final, um sistema de sonificação interactivo. Este apresenta os conteúdos do livro *Os Lusíadas* de acordo com a navegação do utilizador, podendo ouvir-se a obra completa com todos os dados sonificados ou limitar a sonificação a um excerto e informação específica. Isto permite que o utilizador tenha uma experiência personalizada da obra, ouvindo apenas o conteúdo que pretende. Estes aspectos levam a que o processo de sonificação seja expandido, uma vez que são sonificados diferentes excertos através do mesmo esquema de mapeamento, o que possibilita que se façam comparações entre diferentes partes da história e se retirem conclusões.

É possível ver a aplicação criada em funcionamento através dos Vídeos 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20, que se encontram em anexo no CD que acompanha a dissertação ou podem ser consultados pelo *link* disponível na Lista de Vídeos (p. XXI).

Em relação às explorações preliminares realizadas no desenvolvimento do projecto, o objectivo, neste produto final, foi utilizar os aspectos que tinham funcionado e adaptar os que poderiam ser melhorados. As primeiras explorações feitas da sonificação d'*Os Lusíadas*, embora fossem aplicadas a toda a obra e não tivessem componente interactiva, permitiram analisar alguns aspectos como o número de instrumentos a utilizar, as técnicas de sonificação a aplicar e a organização dos conteúdos a sonificar.

Nas duas explorações efectuadas foram usados diferentes instrumentos associados aos vários tipos de informação. Estas explorações permitiram compreender que instrumentos funcionavam melhor, em que número eram compreensíveis ao utilizador e como deviam ser aplicados para representar tantos níveis de informação. Assim, no produto final, alguns dos instrumentos usados foram alterados e foram, também, alteradas algumas técnicas de mapeamento para não tornar a sonificação demasiado complexa ao nível do número de instrumentos que tocam em simultâneo.

A segunda exploração efectuada utilizava ao nível das subnarrativas um processo de mapeamento de parâmetros, usando diferentes instrumentos que tocavam os acordes associados à rima para cada subnarrativa. Esta exploração levou a que o número de instrumentos musicais usados fosse bastante elevado, optando-se por na exploração final substituir este processo pelo uso de ícones auditivos nas subdivisões. Esta alteração para além de permitir fazer associações de tipos de acontecimento com gravações de sons característicos, permitiu que as limitações tecnológicas do sequenciador não fossem atingidas, nomeadamente em relação ao número máximo de instrumentos permitidos pelo *software*. Desta forma, penso que esta opção de alteração beneficiou o resultado final, pois esta técnica não se sobrepõe tanto à informação dos narradores e planos narrativos, que já utiliza diferentes instrumentos musicais, e leva a que o processo de compreensão da

informação seja mais fácil. Além disso, esta técnica é uma boa opção para sonificar este tipo de dados (subnarrativas, episódios e emoções), que têm uma componente sentimental associada.

Os filtros são também uma funcionalidade que pretende facilitar esta área de compreensão, pois permitem isolar as várias informações, caso o resultado sonoro seja constituído por vários sons diferentes que dificultam a associação da informação ao som respectivo.

A nível da organização da obra, esta também foi sofrendo alterações com o decorrer das explorações efectuadas. Através das duas explorações iniciais foi possível perceber que a quantidade de informação existente era muito extensa nalguns casos, levando à necessidade de se criarem grupos dentro de cada informação. Uma vez que o desenvolvimento das várias experiências ocorreu em simultâneo com a análise da obra, foram também alteradas, de exploração para exploração, algumas informações existentes, devido ao detalhe de informação da obra ter sido alargado continuamente.

Na fase de avaliação do projecto final foi possível retirar diversas conclusões. Os utilizadores, embora sentissem alguma dificuldade em compreender o som, foram capazes de responder às questões que lhes eram apresentadas sem grande dificuldade. Este aspecto pode ser justificado pela ideia que os utilizadores tinham de que o processo seria muito complexo, sendo que no contacto inicial com a aplicação apresentavam alguma estranheza e relutância em relação ao que ouviam. No entanto, através da aprendizagem e do teste das várias funcionalidades, acabavam por compreender rapidamente o funcionamento do sistema, apercebendo-se que o conteúdo apresentado era facilmente interpretado. Nas questões de análise e reflexão os utilizadores mostraram-se também capazes de retirar ilações dos conteúdos que lhes eram apresentados.

Outro dos aspectos que penso que levou a uma melhor compreensão do conteúdo sonoro foi a existência de uma componente de acompanhamento visual. Esta característica reforça a ideia de que sistemas multimodais, que utilizam mais do que um tipo de percepção, têm sucesso, pois permitem integrar as vantagens de cada sistema num só projecto. Para além disso, permite solucionar a problemática de como comunicar e legendar um tão grande número de sons ao utilizador.

Através dos testes de usabilidade foi também possível compreender que muitas vezes as dificuldades sentidas com os utilizadores não se deviam propriamente à sonificação, mas sim ao conjunto de dados. O facto da obra ser muito extensa e complexa, leva a que seja difícil, por vezes, compreender toda a sua dimensão e diferentes características, sendo necessário algum tempo de aprendizagem para assimilar os diferentes termos usados e divisões existentes.

Pelos resultados obtidos, tanto a nível do produto como da avaliação do projecto, penso que os objectivos que me propus atingir foram alcançados. Foi possível desenvolver um processo de sonificação com um conjunto de dados pouco

utilizado nesta área e mostrar que este tipo de dados – texto, poesia, palavras – é possível de ser sonificado e compreendido pelo utilizador. Foi criado um novo processo de leitura d’*Os Lusíadas* que reflecte as suas características externas, internas e sequenciais e, a partir deste, construiu-se uma aplicação interactiva que comunica facilmente com o utilizador.

Estes resultados obtidos permitem perceber que o som, mais concretamente a música, pode transmitir informação e está relacionado com a linguagem. Comparações entre música e linguagem são tradicionalmente estabelecidas a nível da sintaxe e da retórica, uma vez que derivam do facto de tanto a música como a linguagem consistirem em sons organizados no tempo (Lerdahl, 2001). Segundo este autor, as raízes da música e da língua são as mesmas, sendo que a evolução levou à especialização de cada uma destas áreas: a música na organização por altura e a linguagem na organização por significado de palavras e frases. No entanto, a poesia acaba por existir nesta divergência evolutiva ao juntar às palavras um padrão rítmico e métrico – uma herança musical (Lerdahl, 2001). A partir destes paralelismos faz sentido explorar a poesia ao nível da sonificação, como foi feito no desenvolvimento deste projecto. Como House refere no seu estudo (House, 2013b; Vanhemert, 2013), o som pode representar algo que os mapas ou gráficos não são capazes: o ritmo dos dados. Esta constatação acaba por comprovar a importância do som na comunicação de informação, no design e nas interfaces humano-computador, por ser capaz de transmitir dimensões que a parte visual dificilmente consegue explorar.

#### DIFICULDADES ENCONTRADAS

As dificuldades encontradas durante a realização do projecto estão, essencialmente, relacionadas com a falta de documentação e limitações dos programas utilizados. Embora as tecnologias usadas nas explorações preliminares tenham sido alteradas em relação ao produto final, usando-se o Max/MSP para a composição musical em vez do Processing, permaneceram algumas dificuldades que de certa forma influenciaram a implementação das funções pretendidas.

O Max/MSP, mesmo sendo um programa direccionado para a criação e manipulação sonora, tem uma documentação precária quando o objectivo é desenvolver projectos mais complexos com diversas funcionalidades. O processo de desenvolvimento da criação das sonificações através do Max/MSP foi bastante longo, uma vez que o meu conhecimento do programa não era muito vasto e a aplicação das funções pretendidas exigiu uma pesquisa e experimentação constantes, devido à falta de documentação, até atingir o resultado pretendido. Estas dificuldades levaram ao abandono de algumas funcionalidades desejadas, como é o caso da pausa na reprodução do resultado sonoro e da possibilidade

de navegar directamente para um tempo específico da sonificação. Mesmo após diversas pesquisas e tentativas, não foi possível implementar estas funcionalidades, que embora não fossem cruciais para o projecto, podê-lo-iam enriquecer.

O facto da aplicação necessitar, também, da ligação entre três programas diferentes (Processing, Max/MSP e Ableton Live 9 Lite) reforçou a dificuldade no desenvolvimento do projecto. Este aspecto levou à necessidade do recurso a bibliotecas para estabelecer as ligações entre os vários programas, ligações estas que apresentam por vezes falhas, levando a que o programa não funcione como desejado. Também, a grande quantidade de dados que é transmitida entre o Processing e o Max/MSP leva, por vezes, à sobrecarga destas ligações. Foi tentado ultrapassar este tipo de problemas, mas as limitações dos programas usados impediram a procura de outras alternativas. Este problema podia ser reduzido, ou até mesmo eliminado, se fosse possível diminuir o número de programas necessários para o desenvolvimento do projecto.

Outra das dificuldades sentidas na realização do projecto foi ao nível da escolha dos instrumentos e sons a utilizar. Muitas vezes, a variedade de opções disponível era reduzida, dificultando a escolha da melhor opção a ser implementada. Além disso, o facto da quantidade de dados ser bastante extensa exigiu que o número de sons necessários fosse muito elevado e, uma vez que esta área ainda não é muito explorada, as ofertas de instrumentos ou sons adequados à sonificação são pouco vastas.

A área da comunicação visual foi outro campo onde se sentiram algumas dificuldades. A necessidade de desenvolver uma componente visual que ajudasse à compreensão dos conteúdos sonificados e da sua dimensão, exigiu um cuidado redobrado no tipo de visualização a desenvolver. Esta tinha de ser bastante simples visualmente, de forma a não tornar mais complexo todo o sistema, o qual, devido à grande quantidade de informação sonificada, só por si é complexo.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Pretende-se, em explorações futuras do projecto, implementar algumas funcionalidades, nomeadamente as que não foram possíveis desenvolver nesta fase. Por exemplo, a introdução de uma secção de apresentação na abertura do programa, que permitisse explicar o projecto em questão e as principais funcionalidades da aplicação. Desta forma, a interacção com o sistema seria facilitada ao utilizador pelo facto de terem sido previamente explicadas as várias componentes do sistema interactivo. Outra das funcionalidades que se poderia implementar era a possibilidade de pesquisa de um excerto específico, algo relativamente fácil de aplicar, uma vez que é utilizada uma base de dados.

Ainda, a nível de funcionalidades, poderia ser relevante a aplicação de funções de gravação e captura dos momentos preferidos do utilizador, funcionando como artefactos que o utilizador poderia guardar. Outras das funcionalidades desejáveis seria a implementação de pausa e a capacidade de navegar para um momento específico da reprodução. No entanto, estas funcionalidades dependeriam das possibilidades existentes nos *softwares* utilizados.

Outra área sobre a qual se poderão fazer melhoramentos é no resultado sonoro, como a alteração de alguns sons, com o objectivo de melhorar a sua qualidade e adaptá-los ao seu tempo de intervenção. A aplicação de outras técnicas sonoras e exploração de outras formas de sonificação poderão, também, melhorar o resultado sonoro, como é o caso da localização espacial do som. Esta exploração poderia não só dar outra dinâmica ao resultado sonoro, como comunicar outros tipos de informação (localização geográfica, aproximação de uma determinada personagem ou momento), isto porque, enquanto que visualmente o ser humano não é capaz de ter uma visão panorâmica em seu redor, auditivamente somos capazes de localizar qualquer som num espaço de 360°.

Num outro nível de desenvolvimento futuro seria desejável a implementação deste projecto numa plataforma *online*, de forma a poder chegar a um maior número de pessoas que pudessem tirar partido dele regularmente. Por exemplo, ao nível da educação, esta ferramenta *online* poderia facilitar a compreensão e o estudo da obra. No entanto, este processo exigiria uma investigação aprofundada das possibilidades existentes para colocar este projecto disponível *online*, o que, pelo facto de integrar um tão grande número de *softwares*, poderá ser difícil.

Por último, outros dos desenvolvimentos ou projectos futuros poderão estar, também, relacionados com a base de dados criada no âmbito desta dissertação. Existem algumas informações existentes na base de dados, como é o caso dos tempos da história, que acabaram por não ser explorados na íntegra nesta sonificação e que podem futuramente vir a ser incluídas. A base de dados d'Os *Lusíadas* pode também vir a ser melhorada, existindo informações que não foram recolhidas, como é o caso da morfologia, fonologia, pontuação e localizações geográficas, que enriqueceriam em muito esta base de dados. Para além disso, o facto de existir uma base de dados de uma obra tão conhecida, poderá ser útil para o desenvolvimento de outros projectos, mesmo fora do âmbito da Sonificação.



## **7 CONCLUSÃO**



O desenvolvimento desta dissertação teve como principal foco a exploração do campo da Sonificação. Este processo de exploração foi caracterizado pelo estudo desta área e aplicação dos conhecimentos recolhidos no desenvolvimento de um sistema de sonificação. Tal desenvolvimento exigiu a definição de um conjunto de dados a sonificar, optando-se pela exploração da obra *Os Lusíadas*, que se insere numa área – Literatura – onde a aplicação da Sonificação não é comum. Além disso, a Sonificação aplicada à Literatura, mais concretamente à Poesia, pode ser vantajosa, pois permite novas formas de leitura do poema, o que é bastante útil em poesia épica, onde a dimensão da narrativa é muito extensa e complexa. Também, a possibilidade de transmitir ritmo através da música, leva a que seja possível demonstrar numa sonificação a estrutura rimática e métrica de um poema, características responsáveis pela sua dinâmica.

Os objectivos principais deste projecto realizado são: compreender o processo de sonificação e as diferentes abordagens existentes; identificar os problemas e desafios que este campo enfrenta; procurar tentativas de solucionar as falhas existentes nos projectos de sonificação; analisar a obra *Os Lusíadas*; ser capaz de mapear os seus dados num processo sonoro; e construir um sistema que permita ao utilizador uma leitura sonora personalizada da obra.

Como forma de atingir estes objectivos, foi explorado o campo da Sonificação e os seus campos complementares, tais como a Acústica (estudo do som), a Percepção Auditiva e a Visualização de Informação. O estudo da Acústica revela-se importante, uma vez que sem o som não seria possível criar os processos sonoros. Este tem características específicas e importância, embora por vezes desvalorizada, no campo da comunicação. No caso da Percepção Auditiva, o seu estudo revela-se essencial para a construção de um processo sonoro possível de ser compreendido pelo homem. Pode dizer-se que esta área tem grande influência nas decisões tomadas na Sonificação, para que os sistemas criados não ultrapassem ou confundam as capacidades auditivas do aparelho humano. O estudo da Visualização de Informação tem, também relevância, pois os seus princípios são iguais aos da Sonificação, sendo possível inferir problemáticas idênticas, cujas soluções podem também ter a mesma resposta.

No campo da Sonificação propriamente dito, foi feito um levantamento dos momentos históricos mais marcantes nesta área, da sua vasta aplicabilidade, das técnicas existentes e das tecnologias que temos ao nosso dispor para as aplicar. Ainda, como complemento da Sonificação, foram levantados alguns trabalhos relacionados, com relevância tanto para a área como para o projecto desenvolvido.

A partir desta recolha de informação, foi possível compreender o estado da Sonificação e as fragilidades desta área, muito devidas ao facto de ser um campo recente que necessita de ser bem definido e estabelecido para que possa ser devidamente explorado e implementado como método de representação de dados.

Outra das áreas de grande importância no desenvolvimento desta dissertação é o estudo da obra *Os Lusíadas*, uma vez que foi a temática sonificada no projecto. Desta forma, para ir ao encontro dos objectivos estabelecidos, foi necessário um estudo e análise do poema épico, a centralização no seu tempo e espaço devido e a identificação das suas principais características. Com o levantamento desta informação foi possível estabelecer um conjunto de dados para serem sonificados e criou-se uma base de dados que permitisse o armazenamento de toda a informação necessária da obra.

Durante o estabelecimento do conjunto de dados a sonificar foram, também, realizadas algumas explorações preliminares que permitiram demonstrar a aplicabilidade da obra na sonificação, experimentar as várias técnicas de sonificação, testar as suas limitações e explorar a melhor forma de organizar a informação a ser sonificada.

Após a realização destas explorações e da criação da base de dados, foi possível passar para a fase de construção do sistema sonoro, aplicando técnicas de sonificação já testadas nas experimentações. No desenvolvimento do processo de sonificação foram utilizadas para sonificar sete áreas de informação principais: esquema rimático, narradores, planos narrativos, subnarrativas, episódios, emoções e profecias. A aplicação construída é então um sistema sonoro interactivo que oferece ao utilizador um conjunto de funcionalidades que lhe permitem navegar na obra com diferentes níveis de detalhe, escolher o conteúdo que pretende ouvir sonificado e visualizar, com a ajuda de uma componente visual e legenda, a informação sonificada.

Como forma de compreender a utilidade da aplicação, esta foi alvo de um conjunto de testes de usabilidade para verificar se os vários aspectos do projecto estavam bem integrados. Os resultados dos testes revelaram que o sistema criado é capaz de comunicar a informação da obra e atribuir-lhe um aspecto inovador, oferecendo assim uma nova leitura sobre a obra camoniana. Um utilizador é capaz, através da sonificação, de compreender a dinâmica do poema, os seus diversos intervenientes e a sua estrutura sequencial.

A interligação entre estes diferentes campos abrangidos na dissertação demonstra a sua importância enquanto contributo para várias áreas. Ao nível da Sonificação, uma vez que faz um levantamento das técnicas actuais, dos domínios de aplicação, assim como dos desafios e limitações deste campo e os junta num só documento. A nível prático, pela criação de um processo inovador, que demonstra o vasto campo de aplicabilidade da Sonificação, como atribui novas sinergias aos dados transmitidos. Na área da Literatura, mais propriamente da Poesia, contribuindo com uma nova interpretação duma obra literária tão conhecida, e como esta permite compreender o ritmo do poema, a sequência e dinâmica da história.

Por último, a área onde esta dissertação tem também impacto é no Design, ao construir um produto de design que tira partido de um elemento pouco usado, o som, e cria um sistema de comunicação e uma nova visão d'*Os Lusíadas*. Demonstra-se, assim, que o som tem inúmeras capacidades, tal como o elemento gráfico, para ser usado como forma comunicativa e representativa de dados. O facto do som ser tão intrínseco à nossa existência leva a que muitas vezes não reparemos no seu significado e potencial por explorar, sendo necessário uma mudança de visão deste campo para compreender as possibilidades existentes na sua utilização.

Assim, esta dissertação pretendeu demonstrar, essencialmente, as potencialidades do som como meio de comunicação e criou um projecto de sonificação numa área pouco associada a esta temática. Além disso, este projecto poderá, no futuro, levar ao desenvolvimento de outros trabalhos nas mesmas áreas, como a sonificação de outras temáticas ainda no âmbito d'*Os Lusíadas*, a exploração de técnicas de sonificação aplicadas a outras obras literárias, ou a criação de projectos, fora da área da Sonificação, que tirem partido da análise de dados realizada nesta dissertação.



# **BIBLIOGRAFIA**



- Adachi, S., Yasukawa, H., Takumi, I., & Masayasu, H. (2001). Signal processing and sonification of seismic electromagnetic radiation in the ELF band. *IEICE*, 84(4), 1011-1016.
- anankalisto. (2011). Resonance of the Gods. Retrieved from <http://www.freesound.org/people/anankalisto/sounds/139050/>
- Anderson, B. (2013). This Real-Time Sonification of Wikipedia's Change Feed Will Make You Weep. Retrieved from Motherboard website: <http://motherboard.vice.com/blog/this-real-time-sonification-of-wikipedias-change-feed-will-make-you-weep>
- Ares, F. (2009). Suite Illiac para quarteto de cuerda. Retrieved from El Diario Vasco website: [http://blogs.diariovasco.com/bigbang/2009/08/17/suite\\_illiac\\_para\\_cuarteto\\_de\\_cuerda\\_2/](http://blogs.diariovasco.com/bigbang/2009/08/17/suite_illiac_para_cuarteto_de_cuerda_2/)
- Arnold, M.-C. (2014). Hitch and The birds, 1963. Retrieved from <https://pt.pinterest.com/pin/415316396856879654/>
- Augusto, C. A. (2014). *Sons e Silêncios da Paisagem Sonora Portuguesa*. Lisboa, Portugal: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Baptista, D. (2009). Para compreender melhor a Narração d'Os Lusíadas, de Camões. Retrieved from SebentaDigital website: [http://sebentadigital.com/wp-content/uploads/2009/09/mapa\\_narracao.pdf](http://sebentadigital.com/wp-content/uploads/2009/09/mapa_narracao.pdf)
- Barber, M. (2014). Thetford Forest wildlife 'performs' Living Symphonies' premier. Retrieved from BBC website: <http://www.bbc.com/news/uk-england-27256881>
- Barrass, S. (1997). *Auditory information design*. (PhD dissertation), The Australian National University, Canberra, Australia.
- Barrass, S., & Kramer, G. (1999). Using sonification. *Multimedia systems*, 7(1), 23-31.
- Becker, J. M. (n.d.). Best Inventions of All Time – Chronological: Part III (1900-Present). Retrieved from Make Lists, Not War website: <https://beckchris.wordpress.com/miscellaneous-lists/best-inventions-of-all-time/best-inventions-of-all-time-chronological-part-iii-1900-present/>
- Begault, D. R., Wenzel, E. M., Shrum, R., & Miller, J. (1996). *A virtual audio guidance and alert system for commercial aircraft operations*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), New York, USA
- Ben-Tal, O., & Berger, J. (2004). Creative Aspects of Sonification. *Leonardo*, 37(3), 229-233.
- Blattner, M. M., Sumikawa, D. A., & Greenberg, R. M. (1989). Earcons and icons: Their structure and common design principles. *Human-Computer Interaction*, 4(1), 11-44.
- Brandel, J. (2015). Typatone. Retrieved from <http://works.jonobr1.com/Typatone>
- Brazil, E., & Fernström, M. (2011). Auditory Icons. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 325-338). Berlin, Germany: Logos Verlag.

- Brewster, S. A. (1994). *Providing a structured method for integrating non-speech audio into human-computer interfaces*. (PhD dissertation), University of York.
- Brown, K. (2011). *Generative Art - Computers, Data, and Humanity*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=xOOK1GiI83s>
- Bulley, J., & Jones, D. (2014). *Living Symphonies*. Retrieved from <http://www.jones-bulley.com/living-symphonies/>
- Burk, P., Polansky, L., Repetto, D., Roberts, M., & Rockmore, D. (2005). *Music and Computers: A Theoretical and Historical Approach* K. C. Publishing (Ed.) Retrieved from <http://music.columbia.edu/cmc/MusicAndComputers/>
- Camões, L. d. (2000). *Os Lusíadas* (Á. J. d. C. Pimpão & A. P. d. Castro Eds. 4 ed.). Lisboa, Portugal: Ministério dos Negócios Estrangeiros - Instituto Camões.
- Camões, L. d. (2011). *Os Lusíadas* (E. P. Ramos Ed.). Porto, Portugal: Porto Editora.
- Cardoso, A. M., Fonseca, C., Peixoto, M. J., & Oliveira, V. (2008). Valorizar: pessoas, mensagens, tempos, histórias *Das Palavras aos Actos* (2 ed., pp. 117-191). Lisboa, Portugal: Edições ASA.
- Carlile, S. (2011). Psychoacoustics. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 41-61). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Chips. (2016). *Mozart In The Jungle Season 2 Opening Titles (All Episodes)*. Retrieved from <https://vimeo.com/149442778>
- Cipriani, A., & Giri, M. (2013). *Electronic Music and Sound Design - Theory and Practice with Max and MSP* (Vol. 1). Rome, Italy: ConTempoNet.
- The Climate Symphony. (2014). Retrieved from Sonification Art website: <https://sonificationart.wordpress.com/2014/12/19/the-climate-symphony/>
- The Climate Symphony. (n.d.). Retrieved from <http://www.drsl.com/climate.html>
- Cruz, P. (2009). Top 10 word posters for *Os Lusíadas*. Retrieved from <http://pmcruz.com/information-visualization/visualizing-os-lusíadas>
- Davis, D. (n.d.). *Public Domain Works Done for NASA*. Retrieved from <http://www.donaldedavis.com/PARTS/all yours.html>
- Dawood, S. (2015). Penguin creates colourful book covers based on geometric paintings. Retrieved from Design Week website: <https://www.designweek.co.uk/issues/23-29-november-2015/penguin-creates-colourful-book-covers-based-on-geometric-print-designs/>
- Desktop Metaphor. (2013). Retrieved from <http://c2.com/cgi/wiki?DesktopMetaphor>
- Dictionary.com Unabridged. Retrieved from <http://www.dictionary.com/browse/reverberation>
- Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico (2003-2006). Porto: Porto Editora. Retrieved from <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/analepse>
- dobroide. (2011). 20111203\_Kora\_01.wav. Retrieved from <https://www.freesound.org/people/dobroide/sounds/136576/>

- Dombois, F., & Eckel, G. (2011). Audification. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 301-324). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Duarte, M. L. (2014). *A contribuição de Max Mathews para a Música Computadorizada*. In Proceedings of the Simpom, Rio de Janeiro, Brasil.
- DuBois, R. L. (2009a). Hard Data. Retrieved from <http://archive.turbulence.org/Works/harddata/>
- DuBois, R. L. (2009b). Hard Data. Retrieved from <http://lakedubois.com/>
- DuBois, R. L. (2009c). Hard Data - Full Score.
- DuBois, R. L. (2009d). Hard Data - Program.
- Dufresne, M.-H., Leblond, R., & Vaillat, J. (n.d.). 1979, Apocalypse Now. Retrieved from <http://theredlist.com/wiki-2-20-777-800-view-1970-1980-profile-1979-bapocalypse-now-b.html>
- Dunn, R. (2007). Royal Entrance Fanfare - Randy Dunn, heralding trumpet. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?v=NkDoMxNY\\_Bw](https://www.youtube.com/watch?v=NkDoMxNY_Bw)
- Eerola, T., & Vuoskoski, J. K. (2010). A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. *Psychology of Music*, 39(1), 18-49.
- Fernandes, D. P. (2011). Armazenamento e Consulta Relacional de Texto: o caso de "Os Lusíadas". *Revista de Ciências de Computação*, 6, 31 - 48.
- Films, C. L. (2014). Patatap. Retrieved from <https://vimeo.com/95057507>
- Flowers, J. H., Whitwer, L. E., Grafel, D. C., & Kotan, C. A. (2001). *Sonification of daily weather records: Issues of perception, attention and memory in design choices*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Espoo, Finland.
- Frazier, S. (2013). Sonification: Data like you've never heard before. Retrieved from Earthzine website: <http://earthzine.org/2013/07/23/sonification-data-like-youve-never-heard-before/>
- Fry, P. (2014). Living Symphonies. Retrieved from <http://www.patrickfry.co.uk/work/living-symphonies/>
- Fry, P., & Lewin, A. (2014). Behind the design of a musical forest installation with Patrick Fry. Retrieved from It's Nice That website: <http://www.itsnicethat.com/articles/patrick-fry>
- Gaio, T. (n.d.). Os Lusíadas. Retrieved from <http://oslusiadas.no.sapo.pt/indice.html>
- Gaver, W. W., Smith, R. B., & O'Shea, T. (1991). *Effective sounds in complex systems: The ARKola simulation*. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems, New York, USA.
- Gioria, R., Nogarè, A., & Rao, A. e. (2014). VANISHING / Digital / Data sonification. Retrieved from <https://www.behance.net/gallery/18558125/VANISHING-Digital-Data-sonification>
- Grande Dicionário da Língua Portuguesa. (1991). Lisboa, Portugal: Círculo de Leitores.

- Grond, F., & Berger, J. (2011). Parameter Mapping Sonification. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 363-397). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Grupp, M. (2015a). Reflections of a Sound Designer. Retrieved from Advertising Week Social Club website: <http://www.theawsc.com/2015/11/04/reflections-of-a-sound-designer/>
- Grupp, M. (2015b). Sound Advice: The Value and Power of Sound Design. Retrieved from Advertising Week Social Club website: <http://www.theawsc.com/2015/05/11/sound-advice-the-value-and-power-of-sound-design/>
- Halsall, P. (2012). The Films of David Lynch: 50 Percent Sound. Retrieved from The British Filme Resource website: <http://www.zenbullets.com/britfilm/lynch/Sconcl.html>
- Hayward, C. (1994). Listening to the earth sing. In G. Kramer (Ed.), *Auditory Display: Sonification, Audification, And Auditory Interfaces* (Vol. 18, pp. 369-405). USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Hembd, B. (2011). Peter and the Wolf: Catching a Horn Section by its Tail. Retrieved from Horn Matters website: <http://hornmatters.com/2011/11/peter-and-the-wolf-catching-a-horn-section-by-its-tail/>
- Hermann, T. (2008). *Taxonomy and definitions for sonification and auditory display*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Paris, France.
- Hermann, T. (2011). Model-Based Sonification. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 399-427). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Hermann, T., & Hunt, A. (2005). Guest editors' introduction: An introduction to interactive sonification. *IEEE multimedia*, 12, 20-24.
- Hermann, T., Hunt, A., & Neuhoff, J. G. (2011a). Introduction. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 1-6). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Hermann, T., Hunt, A., & Neuhoff, J. G. (Eds.). (2011b). *The Sonification Handbook*. Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Hiller, L. (2016). Electronic Music. Retrieved from Encyclopædia Britannica website: <https://www.britannica.com/art/electronic-music>
- House, B. (2012a). New Work: Quotidian Record. Retrieved from Brian House website: <http://blog.brianhouse.net/post/31228661266>
- House, B. (2012b). Quotidian Record. Retrieved from [http://brianhouse.net/works/quotidian\\_record/](http://brianhouse.net/works/quotidian_record/)
- House, B. (2013). Quotidian Record. Retrieved from <https://vimeo.com/48919422>

- House, B., & Brooks, K. (2013). Quotidian Record: Artist Brian House Turns Tracking Data Into A Vinyl Music Experience. Retrieved from The Huffington Post website: [http://www.huffingtonpost.com/2013/07/26/quotidien-record\\_n\\_3653658.html](http://www.huffingtonpost.com/2013/07/26/quotidien-record_n_3653658.html)
- Huang, C.-F., Lu, H.-P., & Ren, J. (2011). Algorithmic approach to sonification of classical Chinese poetry. *Multimedia Tools and Applications*, 61(2), 489-518.
- Hurricane 01. Retrieved from <http://www.soundjay.com/nature/sounds/hurricane-01.mp3>
- Jones/Bulley. (2014). 'Living Symphonies' Documentation Video - Jones/Bulley. Retrieved from <https://vimeo.com/84688740>
- Kaper, H. G., Tipei, S., & Wiebel, E. (1999). Data sonification and sound visualization. *Computing in science & engineering*, 1(4), 48-58.
- Kirn, P. (2012). In Percussive Harmonies, A Record of a Year of Travel – Literally, on a Record [MeeBlip + Location Data]. Retrieved from Create Digital Music website: <http://createdigitalmusic.com/2012/08/in-percussive-harmonies-a-record-of-a-year-of-travel-literally-on-a-record/>
- Kramer, G., Walker, B., Bonebright, T., Cook, P., Flowers, J. H., Miner, N., & Neuhoff, J. (2010). Sonification report: Status of the field and research agenda. *Faculty Publications, Department of Psychology*, Paper 444.
- Krygier, J. B. (1994). Sound and Geographic Visualization *Visualization in modern cartography* (pp. 149-166). Oxford, U.K.: Pergamon.
- Laennec's stethoscope, c 1820. (n.d.). Retrieved from <http://www.ssplprints.com/image.php?imgref=10284183>
- Lam, N. (2015). One Better Than the Jingle: The Potential Power of Music at the Core of Brand Experiences. Retrieved from Advertising Week Social Club website: <http://www.theawsc.com/2015/05/18/one-better-than-the-jingle-the-potential-power-of-music-at-the-core-of-brand-experiences/>
- Lang, A. (2010). Aesthetics in information visualization. In D. Baur, M. Sedlmair, R. Wimmer, Y.-X. Chen, S. Streng, S. Boring, A. D. Luca, & A. Butz (Eds.), *Trends in Information Visualization* (pp. 8-22). Munich: University of Munich Department of Computer Science Media Informatics Group.
- LaPorte, S., & Hashemi, M. (2013). Listen to Wikipedia. Retrieved from <http://blog.hatnote.com/post/56856315107/listen-to-wikipedia>
- Lerdahl, F. (2001). The sounds of poetry viewed as music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 337-354.
- The Living Symphonies. (2014). Retrieved from <http://www.livingsymphonies.com/>
- Lodha, S. K., Beahan, J., Heppe, T., Joseph, A., & Zane-Ulman, B. (1997). *Muse: A musical data sonification toolkit*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Palo Alto, CA, USA.
- Lorenzi, A. (2013). Psicoacústica. Retrieved from <http://www.cochlea.eu/po/som/psicoacustica>

- Lucas, P. A. (1994). *An evaluation of the communicative ability of auditory icons and earcons*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Santa Fe, New Mexico, USA.
- Luftrum. (2015). Saltbæk Strand Handheld Blimp (Sound Devices 702 + DPA 4060). Retrieved from <https://soundcloud.com/luftrum-1/saltbaek-strand-handheld-blimp-sound-devices-702-dpa-4060?in=luftrum-1/sets/field-recordings-1>
- Lullatone. (2015). An Introduction to Typatone. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=XWfjqxjEvvI>
- Marine, J. (2015). Unnerving Ambient Sounds in the Films of David Lynch. Retrieved from No Film School website: <http://nofilmschool.com/2015/07/ambient-sound-david-lynch-film-fandor>
- Marques, S. (Writer). (2012). 8816 Versos. In P. André (Producer). Portugal: Roughcut.
- McGee, R. (2009). Auditory Displays and Sonification: Introduction and Overview. *The University of California, Santa Barbara*.
- McGookin, D., & Brewster, S. (2011). Earcons. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 339-361). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Meelberg, V., & Özcan, E. (2014). Editorial: Designing our Sonic Lives. *Journal of Sonic Studies*, 6(1). Retrieved from Journal of Sonic Studies website: <http://journal.sonicstudies.org/volo6/nr01/a01>
- Michelli, R. (2003). Os Lusíadas, de Luís de Camões: Breve Viagem Estrutural. *Augustus*, 8, 39-48.
- Miller, M. (2015). Turn Your Emails Into A Symphony With Typatone. Retrieved from FastCoDesign website: <http://www.fastcodesign.com/3052062/turn-your-emails-into-a-symphony-with-typatone>
- Minciacchi, D., & Rosenboom, D. (2015). Sonification, perceptualizing biological information. Retrieved from Frontiers website: <http://journal.frontiersin.org/researchtopic/3579/sonification-perceptualizing-biological-information-overview>
- Moreira, V., & Pimenta, H. (1998). A Epopeia dos Descobrimentos *Dimensão Literária - 10º ano, Português A* (pp. 353-434). Porto, Portugal: Porto Editora.
- Müller, B. (2002). Poetry on the Road: Poetry 2002. Retrieved from <http://www.esono.com/boris/projects/poetry02/>
- Müller, B. (2006). Poetry on the Road: Poetry 2006. Retrieved from <http://www.esono.com/boris/projects/poetry06/>
- Müller, B. (2012). Poetry on the Road: Poetry 2012. Retrieved from <http://www.esono.com/boris/projects/poetry12/>
- Müller, B. (2013). Poetry on the Road: Poetry 2013. Retrieved from <http://www.esono.com/boris/projects/poetry13/>

- Neuhoff, J. G. (2011). Perception, Cognition and Action in Auditory Displays. In T. Hermann, A. Hunt, & J. G. Neuhoff (Eds.), *The Sonification Handbook* (pp. 63-85). Berlin, Germany: Logos Verlag.
- Os Lusíadas. (2012). Retrieved from <http://purl.pt/1/5/P3.html>
- Pais, A. P. (1994). *Para compreender Os Lusíadas* (2<sup>a</sup> ed.). Porto, Portugal: Areal Editores.
- Park, S., Kim, S., Lee, S., & Yeo, W. S. (2010). *Online map interface for creative and interactive Music-Making*. In Proceedings of the New Interfaces for Musical Expression (NIME), Sydney, Australia.
- Pegg, E. (2011). John Cage 4'33" - The idea of writing a silent piece of music. Retrieved from Emma Pegg website: <http://www.emmapegg.com/2011/04/26/john-cage-433-the-idea-of-writing-a-silent-piece-of-music/>
- Pereverzev, S., Loshak, A., Backhaus, S., Davis, J., & Packard, R. (1997). Quantum oscillations between two weakly coupled reservoirs of superfluid <sup>3</sup>He. *Nature*, 388(6641), 449-451.
- pfranzen. (2013). Ambient battle noise: swords and shouting. Retrieved from <https://www.freesound.org/people/pfranzen/sounds/192072/>
- Quinn, M. (2001). *Research set to music: The climate symphony and other sonifications of ice core, radar, DNA, seismic and solar wind data*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Espoo, Finland.
- Rao, A. E. (2015). Deep into the animal extinction: data sonification. Retrieved from <https://vimeo.com/101524505>
- Rao, A. F. (2014). IUCN Red List Data Sonification. Retrieved from <https://cycling74.com/project/iucn-red-list-data-sonification/> - .VoFkHZOLSRu
- Reeves, A. (2014). A Brief History of Sound Design. Retrieved from Advertising Week Social Club website: <http://www.theawsc.com/2014/01/31/a-brief-history-of-sound-design/>
- Ren, J. W., Phil; Huang, Chih-Fang. (2007). *Developing Chinese Style Algorithmic Composition Using Markov Chains From The Classical Chinese-Poetry Perspective*. In Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC), Copenhagen, Denmark.
- sankalp. (2012). Acoustic Tanpura 12. Retrieved from <https://www.freesound.org/people/sankalp/sounds/155274/>
- Saraiva, A. J. (1997). *A Epopeia Luís de Camões* (1 ed., pp. 119-170). Lisboa, Portugal: Gradiva.
- Schubert, E., Ferguson, S., Farrar, N., & McPherson, G. E. (2011). *Sonification of emotion i: Film music*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Budapest, Hungary.
- Scovell, A. (2014). Sounds of The Birds (1963) – Alfred Hitchcock. Retrieved from Celluloid Wicker Man website: <http://celluloidwickerman.com/2014/09/04/sounds-of-the-birds-1963-alfred-hitchcock/>

- Sena, J. d. (1980). *A estrutura de "Os Lusíadas" e outros estudos camonianos e de poesia peninsular do século XVI* (2 ed.). Lisboa, Portugal: Edições 70.
- Silva, P., Cardoso, E., Moreira, M. C., & Rente, S. (2015). Eu, em génio e arte *Expressões 12 - Caderno de Apoio ao Exame* (pp. 8 - 14). Porto, Portugal: Porto Editora.
- Skov, K. F. (2015a). sonic particles 2.0. Retrieved from [http://www.kasperskov-audiodesign.dk/projects\\_SonicParticles2.html](http://www.kasperskov-audiodesign.dk/projects_SonicParticles2.html)
- Skov, K. F. (2015b). sonic particles 2.0 - Presentation & Demo. Retrieved from <https://vimeo.com/124521318>
- Skov, K. F. (2015c). Sonification excerpt #4: Rio de Janeiro. Retrieved from <https://soundcloud.com/kasper-skov/sonification-excerpt-4-rio-de?in=kasper-skov/sets/sonic-particles-20-excerpts>
- Sonic Particles 2.0. (2015). Retrieved from <http://datacanvas.org/project/sonic-particles-2-0/>
- Springer, M. (2013). The Sound of Hitchcock: How the Director Used Sound to Create Atmosphere & Suspense in His Films. Retrieved from Open Culture website: <http://www.openculture.com/2013/10/the-sound-of-hitchcock-how-the-director-used-sound-to-create-atmosphere-suspense-in-his-films.html>
- Swan II, J. E., Rhyne, T.-M., Laidlaw, D. H., Munzner, T., & Interrante, V. (1999). *Visualization needs more visual design!* In Proceedings of the IEEE Visualization, Los Alamitos, CA, USA.
- Tovey, B. (2012). Serge Prokofiev: Peter and the Wolf. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=MfM7Y9Pcdzw>
- Tufte, E. R. (1990). *Envisioning Information*. Cheshire, Connecticut, USA: Graphics Press.
- Tulga, P. (2012). Peter and the Wolf - a musical story by Sergei Prokofiev. Retrieved from Phil Tulga website: <http://www.philtulga.com/Peter.html>
- Typatone. Retrieved from <http://typatone.com/>
- Tzelgov, J., Srebro, R., Henik, A., & Kushelevsky, A. (1987). Radiation search and detection by ear and by eye. *Human Factors*, 29(1), 87-95.
- Vanhemert, K. (2013). Artist Turns a Year's Worth of Tracking Data Into a Haunting Record. Retrieved from Wired website: <http://www.wired.com/2013/07/a-years-worth-of-location-data-transformed-into-a-beautiful-record/>
- Vicinanza, D. (2014a). Data sonification - from deep space research to improving lives through cancer research. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ndLkP-bNL1s>
- Vicinanza, D. (2014b). Sonification: Representing data through music. Retrieved from BBC News website: <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-25975712>
- Video, A. C. (2013). An Optical Poem (1938) - Classic Short Film. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=they7m6YePo>

- Vieillard, S., Peretz, I., Gosselin, N., Khalfa, S., Gagnon, L., & Bouchard, B. (2008). Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions. *Cognition & Emotion*, 22(4), 720-752.
- Visnjic, F. (2014). Patatap – Portable animation and sound kit by jonobr1 and Lullatone. Retrieved from Creative Applications website: <http://www.creativeapplications.net/js/patatap-portable-animation-and-sound-kit-by-jonobr1-and-lullatone/>
- Voyager 2 Launch. (1998). Retrieved from <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA01480>
- Walker, A. (2007). Sound. Retrieved from Fast Company website: <http://www.fastcompany.com/60693/sound>
- Walker, B. N., & Kramer, G. (1996). *Mappings and metaphors in auditory displays: An experimental assessment*. In Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD), Palo Alto, California.
- Wilson, M. (2013). Listen To The Orchestra Of Users Updating Wikipedia. Retrieved from FastCoDesign website: <http://www.fastcodesign.com/1673265/listen-to-the-orchestra-of-users-updating-wikipedia>



# APÊNDICE



## A CARACTERÍSTICAS DO SOM



## FREQUÊNCIA

A frequência é definida como o parâmetro físico que determina a altura do som: quanto maior a frequência, maior a sua altura, o que nos permite distinguir um som alto de um baixo (Cipriani & Giri, 2013). A altura do som está assim relacionada com uma característica facilmente distinguível na audição: a repetição de padrões e a velocidade a que se repetem, aspecto a que chamamos frequência (Burk et al., 2005; Krygier, 1994). Quando nos referimos a um som como alto, estamos na realidade a falar da grande rapidez de repetição de um padrão nesse som (Burk et al., 2005).

A frequência usa como unidade de medida o hertz e corresponde ao número de ciclos por segundo de um som. O ouvido humano é capaz de ouvir frequências entre 20 a 20 000 hertz, ou seja, entre 20 a 20 000 ciclos por segundo (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). Na Figura 96 é possível visualizar quatro sons de diferentes frequências e igual amplitude.

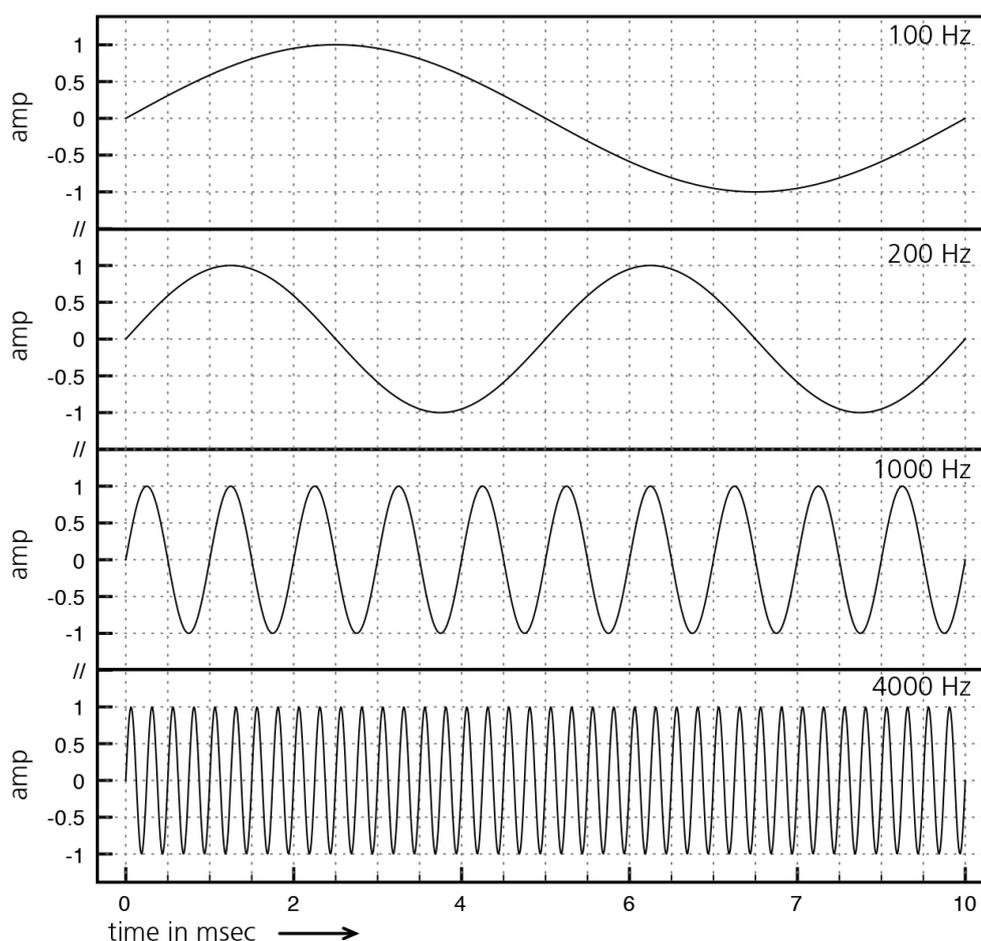


Figura 96: Quatro sons de diferentes frequências (Cipriani & Giri, 2013, p. 11).

A nível da forma da onda sonora, a frequência mede as flutuações da pressão do ar, ou seja, está relacionada com as taxas de compressão e rarefacção provocadas pelo som (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). O evento em que a densidade do ar muda e volta ao seu estado inicial chama-se de ciclo (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). O tempo que é levado para que seja completado um ciclo é o período de uma onda e é representado por segundos (s) ou milissegundos (ms) (Cipriani & Giri, 2013). O período e a frequência estão, assim, intrinsecamente relacionados e correspondem ao inverso um do outro: um som para ter uma frequência perceptível precisa de ser periódico (Burk et al., 2005).

## AMPLITUDE

A segunda característica apresentada na Tabela 1 (p. 12) é a amplitude, que pode ser definida como o parâmetro que expressa as variações da pressão do som e que nos permite distinguir sons mais fracos ou mais fortes, de menor ou maior intensidade (Cipriani & Giri, 2013). A amplitude é representada em decibéis (dB) e representa, pois, a quantidade de compressão (acima de 0) ou de rarefacção (abaixo de 0) de ar, causado por um objecto em movimento (Burk et al., 2005). O ouvido humano ouve apenas a partir de 1 dB e tolera aproximadamente sons até 100 dB (Krygier, 1994). Na Figura 97 pode-se visualizar dois sons de diferentes amplitudes e igual frequência.

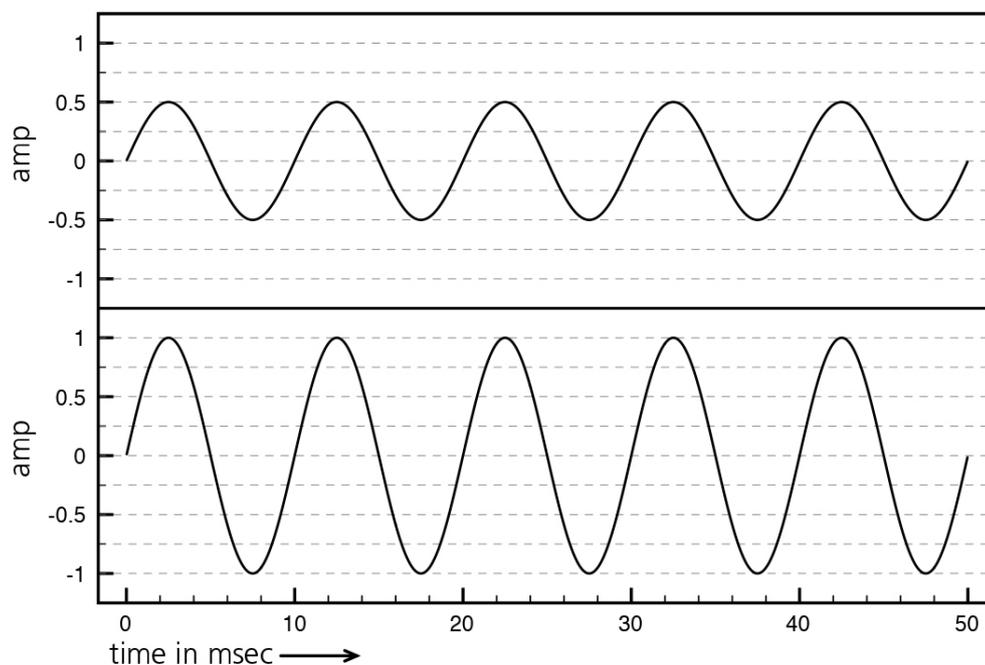


Figura 97: Dois sons de diferentes amplitudes (Cipriani & Giri, 2013, p. 13).

## ONDA

A forma da onda sonora é a característica do som que nos permite distinguir diferentes timbres. Embora o timbre seja influenciado por outros parâmetros, a forma da onda é o mais preponderante na sua definição (Cipriani & Giri, 2013).

Uma das ondas mais simples e importantes no estudo do som é a sinusóide (Figura 98), que é como que uma espécie de unidade que permite a construção de todas as outras ondas sonoras existentes (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). Esta onda contém apenas uma frequência e produz um som puro (Burk et al., 2005).

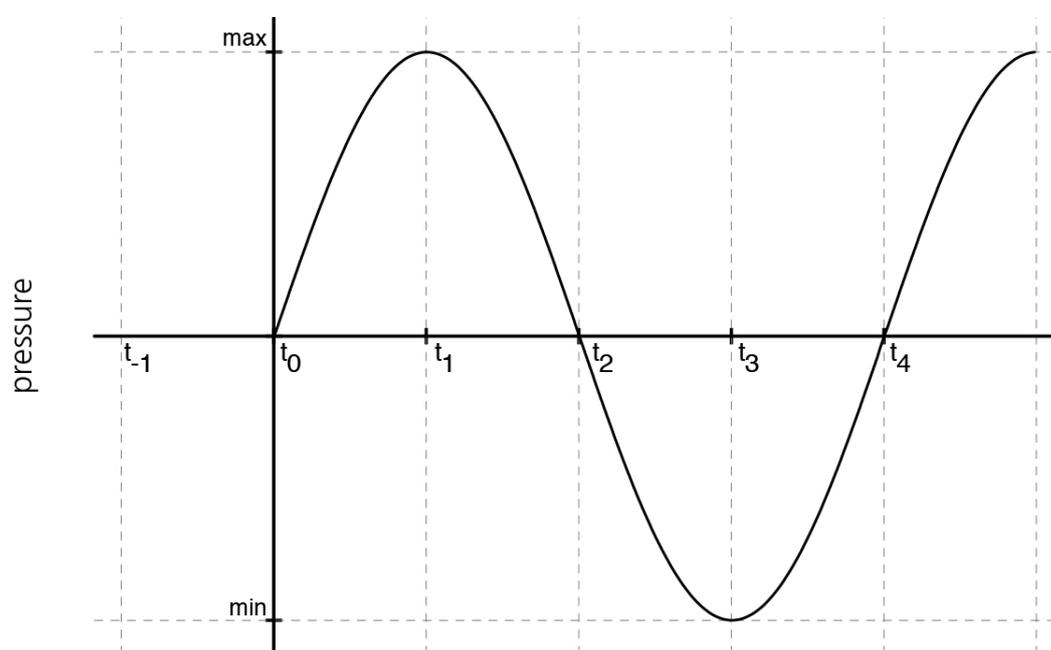


Figura 98: Onda sinusoidal (Cipriani & Giri, 2013, p. 18).

## ALTURA

A altura do som (*pitch* em inglês), como mostrado na Tabela 1 (p. 12), é uma característica perceptual que está relacionada essencialmente com a frequência (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013; Krygier, 1994). O ouvido humano, embora normalmente não seja capaz de reconhecer a exacta frequência que está a ouvir, tem alguma facilidade em detectar a relação entre duas frequências (altura relativa), pelo que esta assume uma maior importância na cognição musical (Burk et al., 2005). Uma das relações mais importantes é a oitava, que corresponde a uma razão de frequências de 2:1 (Burk et al., 2005; Krygier, 1994). O ouvido humano percebe a mesma diferença de altura entre 100Hz e 200Hz como entre 200Hz e 400Hz (Burk et al., 2005; Krygier, 1994). Ainda, segundo Burk et al. (2005), muitos teóricos acreditam que a oitava é fundamental ou inata na nossa percepção. Este facto leva a que, para que seja perceptível uma alteração igual na altura, seja necessário uma alteração cada vez maior da frequência (Burk et al., 2005). A variação da altura, devido à facilidade de detecção pelo ouvido, é uma das formas mais efectivas de distinguir ordem através do som (Krygier, 1994).

## INTENSIDADE

A intensidade é a característica sonora que nos leva a classificar um som de forte ou fraco e que é, essencialmente, influenciada pela amplitude (Cipriani & Giri, 2013). Krygier (1994) afirma que o homem apenas detecta diferenças na intensidade sonora aproximadamente a partir dos 3 dB e costuma ignorar sons constantes, como, por exemplo, o som de um computador ligado. Este fenómeno, ainda segundo as palavras de Krygier (1994), leva a que uma ligeira diferença do som seja imediatamente notada. Desta forma, a intensidade pode ser usada como meio de transmissão de informação: as diferenças ordinais da amplitude permitem representar dados ordenados; e a intensidade pode indicar direcção (Krygier, 1994).

Embora a intensidade seja maioritariamente um resultado da amplitude, esta é também influenciada pela frequência e pode alterar a percepção da altura do som (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013). Como dito por Burk et al. (2005), quando dados dois sons com a mesma amplitude e duas frequências diferentes, tendemos a considerar mais fraco o som de menor frequência. De forma a compreender como se processa esta relação, existe o diagrama de curvas isofónicas, representado pela Figura 99, que apresenta os contornos de igual intensidade para diferentes valores de frequência e amplitude (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013).

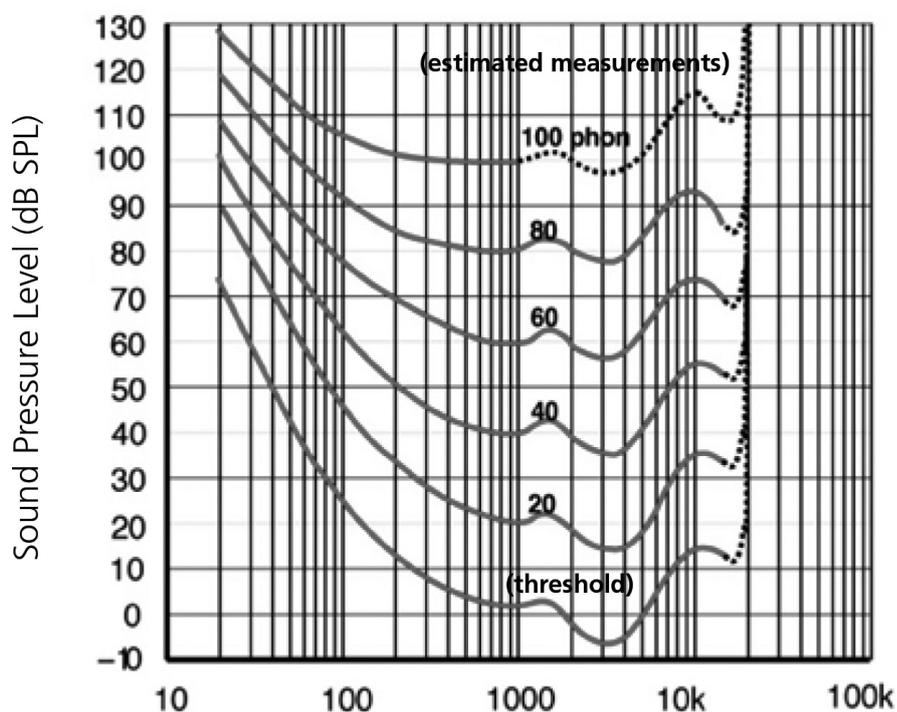


Figura 99: Diagrama de contornos de igual intensidade (ISO 226:2003) (Cipriani & Giri, 2013, p. 17).

## TIMBRE

O timbre, a mais complexa e importante característica perceptual do som, corresponde a inúmeros parâmetros sonoros e permite descrever o carácter de um som (Cipriani & Giri, 2013; Krygier, 1994). É mais fácil descrever o timbre pelo som de diferentes instrumentos, uma vez que alberga uma série de características, as quais não são inteiramente compreendidas (Burk et al., 2005; Cipriani & Giri, 2013; Krygier, 1994).

Esta característica pode assim incluir aspectos como: o espectro; a agregação de várias ondas simples que fazem com que seja possível reconhecer um certo som; e a envolvente, a forma como varia a amplitude, o tempo que leva para atingir o seu máximo (*attack*) e o silêncio (*decay*) (Burk et al., 2005; Krygier, 1994).

A “qualidade” do som, associada ao timbre, pode permitir a representação de diferenças nominais (Krygier, 1994). Por exemplo, um som estridente pode representar eventos urbanos e um som suave ser associado a acontecimentos rurais (Burk et al., 2005; Krygier, 1994).

## LOCALIZAÇÃO

A localização de um som num espaço sonoro pode-se relacionar com a localização num mapa (Krygier, 1994). Este fenómeno pode ser produzido através do *panning* (cf. Glossário) que, com dois ou mais canais, coloca o som num ambiente espacial, o que pode ser usado de forma eficaz na representação de dados espaciais (Cipriani & Giri, 2013; Krygier, 1994).

**B DIVISÃO DETALHADA DA OBRA OS LUSÍADAS**

(Baptista, 2009; Camões, 2000, 2011; Cardoso, Fonseca, Peixoto, & Oliveira, 2008; Gaio, n.d.; Grupp, 2015a; Michelli, 2003; Moreira & Pimenta, 1998; Pais, 1994; Sena, 1980; Silva et al., 2015)



## CANTO I (106)

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
I (566)	Introdução: 1 – 18; Viagem Moçambique – Melinde: 19 – 106;	Viagem: 19, 42 – 72, 84 – 99, 101 – 104; Deuses: 20 – 41, 73 – 83, 100 – 104; Poeta: 1 – 18, 105 – 106;	Consílio dos Deuses: 20 – 41; Moçambique: 43 – 98; Condição Humana: 105 – 106;	Luís de Camões: 1 – 23, 30 – 37, 41 – 45 (v. 1-6), 46 – 50 (v. 1-6), 56 – 64 (v. 1-2), 67 – 73, 77 – 78, 82 – 106; Júpiter: 24 – 29; Marte: 38 – 40; Povo: 45 (v. 7-8), 50 (v. 7-8) – 52; Moçambicanos: 53 – 55; Vasco da Gama: 64 (v. 3-8) – 66; Baco: 74 – 76, 79 – 81;

## CANTO II (113)

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
I (566)	Viagem Moçambique – Melinde: 1 – 113;	Viagem: 1 – 9, 16 – 17, 25 – 32, 64 – 113; Deuses: 10 – 15, 18 – 24, 33 – 64;	Mombaça: 1 – 28; Oração de Gama: 29 – 32; Sedução de Vénus: 33 – 64; Melinde (I): 73 – 113;	Luís de Camões: 1 – 2 (v. 1-2), 5 – 29, 33 – 38, 41 (v. 3-8) – 43, 56 – 61 (v. 1), 64, 65 (v. 5-8) – 78, 85 – 86 (v. 1-2), 89 – 103, 106 – 108; Mensageiro Mombaça: 2 (v. 3-8) – 4; Vasco da Gama: 30 – 32, 65 (v. 1-4), 104 – 105; Vénus: 39 – 41 (v. 1-2); Júpiter: 44 – 55; Mercúrio: 61 (v. 2-8) – 63; Embaixador português: 79 – 84; Rei de Melinde: 86 (v. 3-8) – 88, 109 – 113;

**CANTO III (143)**

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
1 (566)	História de Portugal: 1 – 143;	Viagem: 3 – 5; História: 6 – 143; Poeta: 1 – 2, 140 – 143;	Invocação a Calíope: 1 – 2; Conde D. Henrique: 22 – 28; D. Afonso Henriques: 30 – 84; Batalha de Ourique: 42 – 54; D. Sancho I: 85 – 89; D. Afonso II: 90 – 90; D. Sancho II: 91 – 93; D. Afonso III: 94 – 95; D. Dinis: 96 – 98; D. Afonso IV: 99 – 135; Fermosíssima Maria: 101 – 106; Batalha do Salado: 107 – 117; Inês de Castro: 118 – 135; D. Pedro I: 136 – 137; D. Fernando: 138 – 143;	Luís de Camões: 1 – 3 (v. 1-4); Vasco da Gama: 3 (v. 5-8) – 38 (v. 1-4), 40 – 45 (v. 1-6), 46 (v. 1-6), 47 – 84 (v. 1-7), 85 – 102, 106 – 125, 130 – 143; Egas Moniz: 38 (v. 5-8) – 39; D. Afonso Henriques: 45 (v. 7-8); Povo: 46 (v. 7-8), 84 (v. 8); Fermosíssima Maria: 103 – 105; Inês de Castro: 126 – 129;

**CANTO IV (104)**

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
1 (566)	História de Portugal: 1 – 104;	Viagem: 76 – 104; História: 1 – 104;	D. João I: 1 – 50; Discurso de Nuno Álvares: 14 – 19; Batalha de Aljubarrota: 28 – 44; D. Duarte: 51 – 53; D. Afonso V: 54 – 59; D. João II: 60 – 65; D. Manuel I: 66 – 104; Sonho Profético: 67 – 75; Adeuses em Belém: 87 – 93; Velho do Restelo: 94 – 104;	Vasco da Gama: 1 – 3 (v. 1-6), 4 – 14, 20 – 21 (v. 1-7), 22 – 37 (v. 1-4), 38 (v. 5-8) – 73 (v. 1-2), 75 – 78 (v. 1-2), 79 (v. 5-8) – 89, 92 – 94; Moça pequena: 3 (v. 7-8); Nuno Álvares Pereira: 15 – 19; Povo: 21 (v. 8); D. João I: 37 (v. 5-8) – 38 (v. 1-4); Ganges: 73 (v. 3-8) – 74; D. Manuel I: 78 (v. 3-8) – 79 (v. 1-4); Mãe: 90; Esposa: 91; Velho do Restelo: 95 – 104;

## CANTO V (100)

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
1 (566)	Viagem Belém – Melinde: 1 – 100;	Viagem: 1 – 91; Deuses: 37 – 60; Poeta: 92 – 100;	Cousas do Mar: 16 – 23; Aventura de Fernão Veloso: 30 – 36; Adamastor: 37 – 60; Melinde (II): 86 – 91; Epopéia e Glória: 92 – 100;	Vasco da Gama: 1 (v. 1-6), 1 (v.8) – 24 (v. 1-6), 24 (v.8) – 35 (v. 1-2), 36 – 40, 49, 60 – 89; Tripulação: 1 (v. 7); Marinheiro: 24 (v. 7), 35 (v. 3-4); Fernão Veloso: 35 (v. 5-8); Adamastor: 41 – 48, 50 – 53 (v. 1-6), 54 (v. 4-8) – 59; Thétis: 53 (v. 7-8) – 54 (v. 1-3); Luís de Camões: 90 – 100;

## CANTO VI (99)

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
2 (536)	Viagem Melinde – Calecute: 1 – 99;	Viagem: 1 – 6, 38 – 84, 92 – 94; Deuses: 7 – 37, 85 – 91; Poeta: 95 – 99;	Melinde (III): 1 – 6; Consílio dos Deuses Marinheiros: 25 – 37; Doze de Inglaterra: 42 – 69; Tempestade Marítima: 70 – 91; Calecute (I): 92 – 94; Esforço Heróico: 95 – 99;	Luís de Camões: 1 – 14, 16 – 26, 34 (v. 5-8) – 36 (v. 1-7), 37 – 39, 40 (v. 5-6), 42 (v. 1-2), 69 (v. 5-8) – 70 (v. 1-6), 71 (v. 1-2), 71 (v. 5 – 8) – 72 (v. 1-4), 73 – 80, 84 – 85, 86 (v. 5-8) – 88, 90 – 92 (v. 1-7), 93 (v. 5-8) – 99; Baco: 15, 27 – 34 (v. 1-4); Thétis: 36 (v. 8); Marinheiro: 40 (v. 1-4); Lionardo: 40 (v. 7-8); Fernão Veloso: 41, 42 (v. 3-8) – 48 (v. 1-2), 50 – 53, 56 – 69 (v. 1-4); Duque de Alencastro: 48 (v. 3-8) – 49; Álvaro Gonçalves Coutinho: 54 – 55; Mestre: 70 (v. 7-8); 71 (v. 3-4); 72 (v. 5-8); Vasco da Gama: 81 – 83; Vénus: 86 (v. 1-4); Oritia: 89; Piloto: 92 (v. 8) – 93 (v. 1-4);

**CANTO VII (87)**

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
2 (536)	Índia: 1 – 87;	Viagem: 1, 16 – 77; Poeta: 2 – 15, 78 – 87;	Europa Cristã: 2 – 15; Calecute (II): 16 – 77; Invocação às Ninfas: 78 – 87;	Luís de Camões: 1 – 25 (v. 1-2), 26 – 29, 42 – 55 (v. 1-2), 57 – 59, 64 – 68 (v. 1-4), 73 – 87; Monçaide: 25 (v. 3-4), 30 – 41, 55 (v. 3-8), 68 (v. 5-8) – 72; Mensageiro português: 25 (v. 5-8); Catual: 56; Vasco da Gama: 60 – 63;

**CANTO VIII (99)**

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
2 (536)	Índia: 1 – 99;	Viagem: 1 – 46, 51 – 99; Deuses: 47 – 50; História: 1 – 42;	Calecute (III): 1 – 99; Explicação da Bandeira: 1 – 42; Omnipotência do Ouro: 96 – 99;	Luís de Camões: 1, 6 (v. 1), 43 – 47, 48 (v. 5-8), 51 – 60 (v. 1-5), 64, 76 – 85 (v. 1-4), 86 – 89 (v. 1-7), 90 – 99; Paulo da Gama: 2 – 5 (v. 1-4), 6 (v. 2-8) – 9, 11 – 31 (v. 1-7), 32 – 42; Catual: 5 (v. 5-8), 10, 85 (v. 5-8); Pompílio: 31 (v. 8); Baco: 48 (v. 1-4); 49 – 50; Samorim: 60 (v. 6-8) – 63; Vasco da Gama: 65 – 75, 89 (v. 8);

**CANTO IX (95)**

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
2 (536)	regresso a Portugal: 1 – 99;	Viagem: 1 – 17; Deuses: 18 – 91; Poeta: 92 – 95;	Calecute (IV): 1 – 15; Ilha dos Amores (I): 51 – 91; Prémio dos Heróis: 92 – 95;	Luís de Camões: 1 – 37 (v. 1-2), 43 – 69 (v. 1), 70 (v. 3-8) – 76 (v. 1-5), 82 – 95; Vénus: 37 (v. 3-8) – 42; Fernão Veloso: 69 (v. 2-8) – 70 (v. 1-2); Lionardo: 76 (v. 6-8) – 81;

## CANTO X (156)

Ciclo Épico	Subnarrativa	Planos Narrativos	Episódios	Narradores
2 (536)	Regresso a Portugal: 1 – 144; Conclusão: 145 – 156;	Viagem: 144; Deuses: 1 – 143; Poeta: 8 – 9, 145 – 156;	Ilha dos Amores (II): 1 – 143; Invocação a Calíope: 8 – 9; Feitos Futuros: 10 – 73; S. Tomé: 108 – 119;	Luís de Camões: 1 – 19 (v. 1-4), 22 (v. 1-4), 45 – 50 (v. 1-4), 74 (v. 1-4), 75, 76 (v. 7-8) – 79 (v. 1-4), 143 (v. 3-8) – 156; Ninfa: 19 (v. 5-8) – 21, 22 (v. 5-8) – 44, 50 (v. 5-8) – 73, 74 (v. 5-8); Vasco da Gama: 76 (v. 1-6); Thétis: 79 (v. 5-8) – 143 (v. 1-2);



## C GUIÃO DO TESTE DE USABILIDADE



# O Som dos Dados – Sonificação Musical da Epopeia Portuguesa

## Teste de Usabilidade nº

Este projecto foi desenvolvido no âmbito da dissertação do Mestrado em Design e Multimédia na Universidade de Coimbra. O programa que será testado consiste numa aplicação que transforma a informação contida no poema *Os Lusíadas* de Luís de Camões em elementos musicais. O objectivo deste projecto é que um utilizador seja capaz através da navegação na aplicação compreender os temas abordados na obra e retirar diferentes tipos de informação contidos no poema.

Este teste de usabilidade pretende compreender como o utilizador interage com o sistema, que tipo de informação consegue perceber através da audição dos resultados sonoros e identificar os obstáculos existentes na comunicação da informação ao utilizador.

O teste de usabilidade será organizado em 4 grupos de questões. O primeiro pretende recolher alguns dados do utilizador e compreender a familiaridade que este tem com a obra analisada na aplicação (*Os Lusíadas*). O segundo grupo terá um conjunto de tarefas rápidas, as quais o utilizador terá de classificar consoante o grau de dificuldade. No terceiro grupo encontra-se um conjunto de questões escritas que o utilizador terá de responder após ouvir o resultado sonoro pretendido. No último grupo será feita uma avaliação global da aplicação e um levantamento de sugestões.

### Grupo 1. Dados do utilizador

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Formação: \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_

Dê o seu grau de concordância a cada uma das seguintes afirmações.

(Discordo Muito) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (Concordo Muito)

AFIRMAÇÕES	1	2	3	4	5
A1. Conheço o livro <i>Os Lusíadas</i> .					
A2. Sei quais as principais temáticas do livro.					
A3. Conheço a história principal que é contada.					
A4. Já li excertos do livro.					

**Grupo 2. Tarefas de execução rápida**

Em cada uma das tarefas seguintes identifique o grau de dificuldade que sentiu.

(Muito Difícil) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (Muito Fácil)

<b>TAREFAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
T1. Inicie a reprodução d' <i>Os Lusíadas</i> .					
T2. Seleccione o Canto VI na cronologia.					
T3. Identifique o tempo total deste excerto.					
T4. Inicie a reprodução do canto seleccionado.					
T5. Desligue a reprodução dos Narradores nos filtros.					
T6. Pare a reprodução do canto.					
T7. Retroceda para a fase inicial do programa.					
T8. Seleccione a subnarrativa da Índia.					
T9. Inicie a reprodução desta subnarrativa.					
T10. Desligue o filtro dos Planos.					
T11. Active todos os filtros.					
T12. Identifique o tipo de subunidade que está a tocar.					
T13. Identifique a informação do narrador neste momento da reprodução.					
T14. Identifique os planos narrativos que estão a tocar neste momento.					
T15. Identifique o tempo da música em que a reprodução se encontra.					
T16. Indique a forma que representa a informação do narrador.					
T17. Indique a forma que representa a informação dos planos.					
T18. Indique a forma que representa a informação das subunidades.					
T19. Seleccione a subunidade da Europa Cristã.					
T20. Retroceda para a Subnarrativa Índia.					

Dê o seu grau de concordância a cada uma das seguintes afirmações.

(Discordo Muito) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (Concordo Muito)

<b>AFIRMAÇÕES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A5. Compreendi como iniciar a reprodução de um excerto.					
A6. Compreendi como parar a reprodução de um excerto.					
A7. A informação do tempo total de um excerto é clara e perceptível.					
A8. A informação do tempo em que se encontra um resultado sonoro é clara e perceptível.					
A9. Compreendi como seleccionar um excerto da cronologia de divisões.					
A10. Compreendi que a largura de cada divisão na cronologia representa o tamanho desse excerto.					
A11. Compreendi como seleccionar a informação que pretendo ouvir através dos filtros.					

A12. Compreendi como retroceder para as diferentes fases do programa.					
A13. Através da informação na legenda sou capaz de saber que informação se encontra a tocar naquele momento.					
A14. A legenda que acompanha a reprodução é clara e perceptível.					
A15. Sou capaz de identificar que informação cada forma geométrica representa.					
A16. As cores usadas para identificar os diferentes tipos de informação são facilmente diferenciáveis.					

### Grupo 3. Questões de análise

Este grupo terá questões específicas para diferentes excertos. Para as responder terá de ouvir o excerto indicado. Pode reproduzir o excerto o número de vezes que achar necessárias e utilizar a funcionalidade dos filtros para responder a cada conjunto de questões.

T21. Reproduza a obra completa d'*Os Lusíadas* (retroceda para a fase inicial do programa caso se encontre com outro excerto seleccionado). Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Número de reproduções efectuadas:

Q1 - Que grupos subnarrativos identificou na história?

Q2 - Que plano narrativo está mais presente ao longo de toda a história?

Q3 - Quais os narradores que mais intervêm na narrativa?

Q4 - Considere o momento da história onde se insere a intervenção de Vasco da Gama. Qual pensa que é o seu papel na narrativa?

T22. Reproduza a Subnarrativa Viagem Melinde - Calecute. Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Número de reproduções efectuadas:

Q5 - Que tipo de subunidades são representadas no excerto?

Q6 - Quais os narradores que intervêm no excerto?

Q7 - Quais os planos narrativos presentes neste excerto?

Q8 - Tendo em conta o momento de intervenção do narrador Fernão Veloso, que tipo de acontecimento pensa que ele descreve?

T23. Reproduza o episódio do Adamastor (Lusíadas > Viagem Belém-Melinde). Leia as perguntas seguintes e tente respondê-las com a informação retirada do excerto sonoro.

Número de reproduções efectuadas:

Q9 - Identifique os narradores que intervêm neste episódio.

Q10 - Que planos narrativos estão presentes ao longo do episódio?

Q11 - Através da reprodução do carácter da subunidade que emoções consegue identificar ao longo do excerto?

Q12 - Considere o momento em que ocorre a profecia. Quem narra a profecia ?

Q13 - Considere o carácter da subunidade na profecia. Que tipo de acontecimentos considera que poderão estar a ser narrados?

Q14 - Tendo em conta o carácter da subunidade e a intervenção entre os narradores, que conclusões retira?

Dê o seu grau de concordância a cada uma das seguintes afirmações.

(Discordo Muito) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (Concordo Muito)

<b>AFIRMAÇÕES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A17. A mudança de narrador é facilmente identificável pela alteração do instrumento.					
A18. Na reprodução da obra completa é notória a variação de volume dos planos narrativos.					
A19. Os planos narrativos presentes nos restantes excertos são facilmente identificados pelo resultado sonoro.					
A20. A mudança de grupo subnarrativo é notória no resultado sonoro.					
A21. A mudança do tipo de subunidade é notória no resultado sonoro.					
A22. A mudança do carácter da história é notória no resultado sonoro.					
A23. É fácil identificar os acontecimentos gerais de uma subnarrativa através da audição do resultado.					
A24. O carácter presente numa subunidade é bem reflectido pelo seu equivalente sonoro.					
A25. A presença da profecia é facilmente perceptível no resultado sonoro.					
A26. Sou capaz de identificar mudanças na informação através do som quando isolo um tipo de informação nos filtros.					
A27. Sou capaz de identificar mudanças de instrumentos e a informação a que correspondem com todos os filtros activos.					
A28. Sou capaz de relacionar os vários tipos de informação sonificados e retirar conclusões sobre um momento específico.					

#### **Grupo 4. Avaliação Global**

Dê o seu grau de concordância a cada uma das seguintes afirmações.

(Discordo Muito) 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (Concordo Muito)

<b>AFIRMAÇÕES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A29. Achei a aplicação de fácil utilização.					
A30. Considerei o sistema desnecessariamente complexo.					
A31. Não tive dificuldades a aprender a navegar na aplicação.					
A32. Acho que precisaria da ajuda de um técnico para ser capaz de utilizar este sistema.					
A33. As várias funções do sistema estão bem integradas.					
A34. Penso que há demasiada inconsistência na aplicação.					
A35. Penso que a maioria das pessoas seria capaz de aprender rapidamente a utilizar esta aplicação.					
A36. Senti dificuldade em perceber toda a informação que era apresentada no ecrã.					

A37. Sinto que precisava de compreender melhor a temática da aplicação para a utilizar.					
A38. Fui capaz de extrair informação relevante da obra d' <i>Os Lusíadas</i> .					
A39. Tive dificuldades em compreender que informação estava a ser expressa pelo resultado sonoro.					
A40. A legenda permite acompanhar as mudanças sonoras.					
A41. A componente visual que acompanha a música facilita a percepção das alterações que ocorrem a nível sonoro.					
A42. Fui capaz de responder às questões sobre a obra sem grande dificuldade.					
A43. Penso que uma secção de ajuda na aplicação auxiliaria a compreensão dos diferentes elementos presentes no ecrã.					

Q1 - Sentiu falta de alguma informação para responder a alguma das questões? Se sim indique o número da questão e que tipo de informação.

Q2 - Sentiu dificuldade em usar as ferramentas da aplicação para responder às questões? Se sim indique o número da questão e a dificuldade sentida.

Q3 - Sentiu necessidade de alguma ferramenta adicional para facilitar a resposta às questões? Se sim que tipo de ferramenta e em que questão poderia ter facilitado..

Q4 - Sugira o que alteraria na aplicação que usou para a melhorar.

## **D RESULTADOS DOS TESTES DE USABILIDADE**



## GRUPO 1. DADOS DO UTILIZADOR

Utilizadores	Idade	Formação	Ocupação
T#1	22	Turismo	Gestor hoteleiro
T#2	23	Medicina	Estudante
T#3	23	Medicina Dentária	Estudante
T#4	23	Bioquímica	Estudante
T#5	22	Design e Multimédia	Designer
T#6	22	Design e Multimédia	Web Designer
T#7	22	Design e Multimédia	Estudante
T#8	24	Design e Multimédia	Estudante
T#9	22	Design e Multimédia	Designer gráfico
T#10	28	Psicologia	Estudante

Familiaridade com Os Lusíadas	T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10
A1	5	4	5	5	4	5	3	4	4	5
A2	5	4	4	4	4	3	4	4	5	4
A3	5	4	4	4	4	3	4	4	5	5
A4	5	5	5	4	4	4	3	3	5	5

## GRUPO 2. TAREFAS DE EXECUÇÃO RÁPIDA

Tarefas	T#1		T#2		T#3		T#4		T#5		T#6		T#7		T#8		T#9		T#10	
	T(s)	Av.																		
T1	.80	5	.80	5	2	5	.71	5	.85	5	1.28	5	.56	5	.38	5	1.7	5	1.11	5
T2	1.01	5	6.11	4	2	5	5.01	3	1.4	5	3.08	5	2	5	.50	4	3.8	5	.88	4
T3	.96	3	1	5	5	5	3	5	1.7	5	1.7	5	.55	5	2.9	5	1.83	5	2.5	4
T4	.82	5	.84	5	.96	5	1.7	5	.20	5	.86	5	.30	5	.36	5	.38	5	.45	5
T5	1.01	5	3.2	4	3	4	9.76	3	5	5	2.78	5	–	2	–	2	2.9	5	–	2
T6	–	2	.96	5	–	1	1.01	5	1	5	1.86	3	1.11	5	.31	5	.53	5	1.63	4
T7	.90	5	2.2	4	9	4	2.75	4	1.33	5	3.43	4	.50	5	1.2	3	.33	5	4.25	3
T8	.96	5	2.4	5	2.03	5	5.6	4	3.83	5	1.48	4	2.8	5	1.13	4	2.01	5	2.15	5
T9	.80	5	.86	5	2	5	.45	5	.30	5	.40	5	.30	5	.40	5	1.08	5	.95	5
T10	2	5	2.1	5	1.02	5	.90	5	2	5	1.36	5	.58	5	1.71	2	.81	5	1.9	4
T11	.90	5	1.1	5	2.15	5	2	5	.50	5	1.31	5	.59	5	.30	3	.70	5	1.61	4
T12	–	2	8.51	3	3.3	5	6	4	11.3	4	–	2	11	3	2.9	4	–	2	–	2
T13	–	4	4	4	7.1	5	.46	5	.78	5	2.03	4	2.33	5	1.3	4	2.18	3	1.5	4
T14	1.12	5	7	4	10	4	–	1	3.38	5	5.71	4	7.71	5	1.15	4	10.3	3	–	3
T15	1.1	5	4	5	4.8	5	2	5	.41	5	.40	5	2.58	5	.70	5	1.28	5	8.3	4
T16	1.01	5	1.3	5	–	3	–	2	3.18	4	.50	5	1.16	5	2.4	5	2.8	4	2.95	4
T17	1.3	5	1.4	5	7	4	2.6	4	2.76	4	.66	5	.80	5	.23	5	1.7	4	1.66	4
T18	1.4	5	1.56	5	3	5	.90	5	.41	4	.75	5	.30	5	.25	5	.46	4	2.08	4
T19	1.1	5	1.2	4	1.1	5	3.1	3	.38	5	2.1	5	.30	5	.26	5	–	2	2.21	4
T20	1.3	5	.82	5	1.11	5	.40	5	1.18	5	1.1	5	.28	5	.30	4	.53	5	1.06	4

Afirmações	T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10
A5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
A6	3	5	5	5	5	4	5	4	5	5
A7	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
A8	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5
A9	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5
A10	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4
A11	5	5	5	3	5	5	4	2	5	5
A12	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5
A13	5	5	5	2	4	5	4	3	4	5
A14	3	4	5	4	4	4	3	3	3	5
A15	5	5	4	3	4	5	5	4	5	5
A16	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5

### GRUPO 3. QUESTÕES DE ANÁLISE

Tarefas	Nº de Reproduções									
	T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10
T21	2	4	2	2	1	1,5	2	3	4	2,5
T22	4	4	5	3	2	3	3	3	3	3
T23	3	2	4	2,5	3	3	3	3	3	3

Questões	T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10
Q1	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q3	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q4	E	C	C	C	C	C	C	C	E	C
Q5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q6	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q7	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q8	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q9	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q10	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q11	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q12	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q13	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Q14	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C

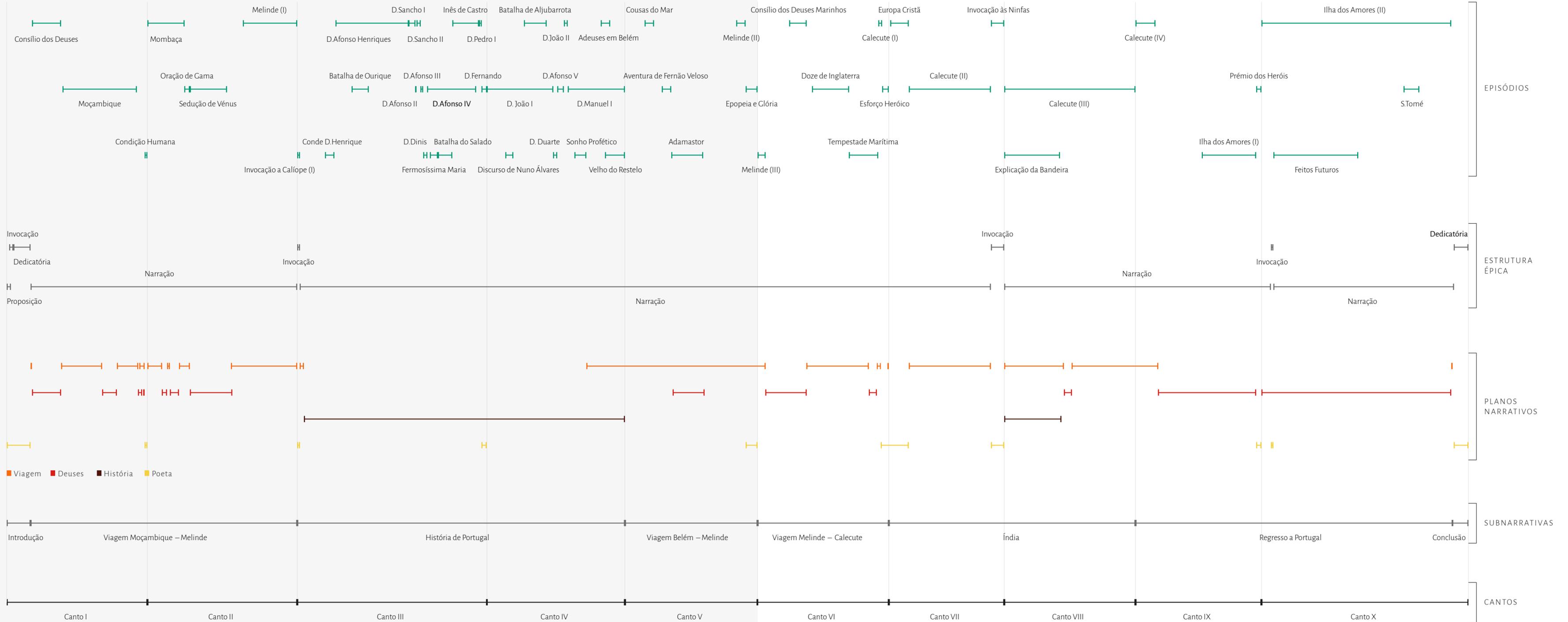
Afirmações	T#1	T#2	T#3	T#4	T#5	T#6	T#7	T#8	T#9	T#10
A17	5	5	5	3	5	4	4	4	5	4
A18	5	5	4	5	5	4	4	4	3	3
A19	4	5	5	4	5	4	4	4	5	3
A20	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4
A21	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4
A22	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4
A23	5	5	5	5	4	5	4	4	3	5
A24	5	4	4	5	5	4	5	3	5	4
A25	5	4	4	4	5	4	3	3	5	4
A26	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3
A27	5	4	3	5	5	4	5	5	5	3
A28	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5

**GRUPO 4. AVALIAÇÃO GLOBAL**

<b>Afirmações</b>	<b>T#1</b>	<b>T#2</b>	<b>T#3</b>	<b>T#4</b>	<b>T#5</b>	<b>T#6</b>	<b>T#7</b>	<b>T#8</b>	<b>T#9</b>	<b>T#10</b>
A29	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4
A30	1	1	1	2	1	1	1	3	1	2
A31	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4
A32	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
A33	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4
A34	1	1	1	2	1	1	1	3	2	2
A35	5	5	5	4	5	3	4	4	3	3
A36	4	4	1	3	1	3	2	4	3	2
A37	4	4	1	2	1	4	1	4	1	3
A38	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5
A39	3	2	4	1	1	2	2	3	3	1
A40	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5
A41	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5
A42	4	4	4	3	4	3	5	4	3	4
A43	1	2	1	2	4	5	4	4	2	4

## E CRONOLOGIA D'OS *LUSÍADAS*

# E – CRONOLOGIA D'OS LUSÍADAS



CICLO ÉPICO 1

CICLO ÉPICO 2