

**MESTRADO**

MULTIMÉDIA - ESPECIALIZAÇÃO EM MÚSICA INTERATIVA E DESIGN DE SOM

# **WebD'accord – Aplicação Web Interativa para Aprendizagem Musical de Princípios Tonais**

Cláudio José Martins Parauta

**M**

2020

FACULDADES PARTICIPANTES:

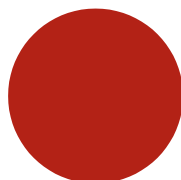
**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**FACULDADE DE BELAS ARTES**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS**

**FACULDADE DE ECONOMIA**

**FACULDADE DE LETRAS**





# **WebD'accord**

Aplicação Web Interativa para Aprendizagem Musical de  
Princípios Tonais

**Cláudio José Martins Parauta**

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Orientador: Gilberto Bernardes (Doutor)

junho de 2020



© Cláudio Parauta, 2020

**WebD'accord**  
Aplicação Web Interativa para Aprendizagem Musical de  
Princípios Tonais

**Cláudio José Martins Parauta**

Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Inês Salselas Cabral (Doutora)

Vogal Externo: Filipe Cunha Monteiro Lopes (Doutor)

Orientador: Gilberto Bernardes de Almeida (Doutor)



# Resumo

Aliada à educação está a evolução tecnológica que faz com que cada vez mais os alunos sejam dependentes de pelo menos um objeto tecnológico. Este projeto propõe o sistema interativo WebD'accord, na possibilidade de ser adequado ao programa letivo lecionado no 1.º ciclo, para que cada aluno consiga aprender princípios tonais como a melodia, harmonia e instrumentação. Pretende incentivar a um ambiente de aprendizagem inovador, adaptativo ao aluno, dinâmico e interativo que estimule, reforçando o processo de ensino-aprendizagem. Este sistema não visa substituir as aulas, mas sim complementar e ajudar o docente. Também poderá ser um complemento ao trabalho de casa, tornando-o assim apelativo e enriquecedor. Foram delineadas três sessões de aprendizagem de modo a pôr em prática a aprendizagem dos conceitos. A metodologia de avaliação usada foi direcionada para uma revisão de literatura, uma fase de conceção da aplicação e a avaliação. Através de uma avaliação heurística foi possível auferir considerações relativas à usabilidade que permitiram modificar e melhorar a aplicação. Os problemas detetados na avaliação puderam ser maioritariamente resolvidos, visto estarem relacionados com a falha na indicação de como e quando interagir com a interface, sendo que a solução foi a melhoria da secção de ajuda, com introdução de um vídeo explicativo e com indicações mais claras. As indicações que não puderam ser resolvidas, deverão ser consideradas em trabalho futuro de modo a permitir melhorar a aplicação. Após esta avaliação e apesar dos problemas encontrados, o resultado da aplicação WebD'accord é positivo, visto não haver indicações de problemas que inviabilizem a aprendizagem musical de princípios tonais.

**Palavras-chave:** Sistemas Interativos; Ferramentas Pedagógicas; Tecnologias Educativas; Princípios Tonais

# Abstract

Allied to education is the technological evolution that makes more and more students depend on at least one technological object. This project proposes the interactive system WebD'accord, in the possibility of being adapted to teach students at 1st cycle, so that each student can learn tonal principles such as melody, harmony and instrumentation. It aims to encourage an innovative learning environment, adaptable to the student, dynamic and interactive that stimulates, reinforcing the teaching-learning process. This system is not intended to replace classes, but rather to complement and help the teacher. It could also be a complement to homework, thus making it appealing and enriching. Three learning sessions were designed in order to put the concepts into practice. The evaluation methodology used was directed towards a literature review, an application design phase and the evaluation. Through a heuristic evaluation it was possible to obtain considerations related to usability that allowed a modification and improvement to the application. The problems detected in the evaluation could be mostly solved, as they are related to the failure to indicate how and when to interact with interface, and the solution was to improve the help section, with the introduction of an explanatory video and with clearer indications. Indications that could not be resolved, should be considered in future work in order to improve the application. After this evaluation and despite the problems found, the result of the WebD'accord application is positive, since there are no indications of problems that make the musical learning of tonal principles unfeasible.

**Keywords:** Interactive Systems; Pedagogical Tools; Educational Technologies; Tonal Principles





# Agradecimentos

A realização desta dissertação termina mais um ciclo de estudos. O mais difícil e trabalhoso que me permitiu crescer em todos os níveis.

Aos meus pais: permitiram que chegasse até aqui e deixaram que encontrasse o caminho, sem nunca imporem curvas.

À Rita: mais do que uma irmã, uma verdadeira amiga. Todos os conselhos e puxões de orelhas. Desde nascença.

Ao Gilberto Bernardes: pela sabedoria partilhada, pela ajuda e orientação. Por toda a paciência.

Ao Hugo Cruz: das poucas oportunidades de coorientação e trabalho, impedidas pela pandemia, prontidão e disposição de colaboração.

Ao Pedro: pela amizade e companheirismo, que dura e que ficará a envelhecer até (...).

Ao Tiago Lestre: pelo impulso e encorajamento.

À Magui: por toda a força e conselhos.

Aos colegas de Mestrado: sempre disponíveis a ajudar em qualquer assunto.

Aos Amigos para Sempre.

Aos que pereceram.

Aos que me esqueci.

À Vanessa: pilar de tudo isto.

Obrigado.

Resiliência e Gratidão.

Cláudio José Martins Parauta



# Índice

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto.....	1
1.2. Problema, Hipótese e Objetivo de Investigação .....	2
1.3. Metodologia de Investigação .....	3
1.4. Atividades de Enriquecimento Curricular .....	4
1.4.1. Planos existentes e enquadramento global .....	5
1.4.2. Conteúdos Específicos.....	6
1.5. Estrutura da Dissertação .....	7
<b>2. Ferramentas Tecnológicas para Aprendizagem de Princípios Tonais .....</b>	<b>8</b>
2.1. Tecnologias Educativas .....	8
2.1.1. Sistemas Musicais Interativos.....	10
2.1.2. <i>Softwares</i> Educativos.....	11
2.2. Ferramentas Tecnológicas de Auxílio Musical.....	12
2.2.1. Descrição dos <i>Softwares</i> .....	15
2.2.2 D'accord .....	20
2.2.3 Chrome Experiments .....	21
2.2.4 Visão Geral dos Instrumentos Musicais Digitais para Educação na Conferência NIME .....	23
2.3 Resumo .....	26
<b>3. WebD'accord .....</b>	<b>27</b>
3.1. Ferramentas de implementação .....	27
3.1.1. HTML.....	27
3.1.2. CSS .....	28
3.1.3. JavaScript.....	28
3.1.4. P5.js .....	28
3.1.5. WebAudioFont .....	29
3.1.6. jQuery .....	29
3.1.7. Pure Data .....	29
3.2. WebD'accord: uma interface para aprendizagem de princípios tonais.....	29

3.2.1. Análise de áudio .....	30
3.2.2. Interface .....	34
3.2.3. Músicas e Círculo Interativo.....	37
3.2.4. Ajuda .....	39
3.2.5. Sobre.....	41
<b>4. Aplicação WebD’accord em contexto pedagógico.....</b>	<b>42</b>
4.1. Ritmo/Pulsção .....	42
4.2. Harmonia .....	44
4.3. Melodia.....	46
4.4. Conclusão .....	48
<b>5. Avaliação, Resultados e Discussão.....</b>	<b>49</b>
5.1. Avaliação Heurística.....	49
5.1.1. Perfil dos Avaliadores .....	53
5.2. Resultados.....	53
5.2.1. Avaliação 1 .....	54
5.2.2. Avaliação 2 .....	55
5.2.3. Avaliação 3 .....	57
5.3. Discussão .....	58
<b>6. Conclusões e Trabalho Futuro .....</b>	<b>63</b>
6.1. Conclusões.....	63
6.2. Trabalho Futuro .....	64
<b>7. Referências.....</b>	<b>65</b>
<b>8. Anexos .....</b>	<b>70</b>
8.1. Anexo A – Modelo de Avaliação Heurística .....	70

# Lista de Figuras

Figura 1: Três domínios das Aprendizagens Essenciais	5
Figura 2: Concetualização do Currículo Local AEC (2018-2021)	6
Figura 3: Elementos configurantes da Tecnologia Educativa	8
Figura 4: Diagrama circular representativo do número de Aplicações Móveis e <i>Web</i>	14
Figura 5: Diagrama circular representativo das Aplicações direcionadas para contexto escolar e colaborativas	15
Figura 6: Exemplo de exercício no Earmaster	16
Figura 7: Exemplo de exercício no GNU Solfege	16
Figura 8: Exercícios disponíveis (Versão 4)	17
Figura 9: Exemplo de exercícios disponíveis no site Musictheory	18
Figura 10: Alguns exercícios disponíveis no site Theta Music Trainer	18
Figura 11: Interface da aplicação GimmeDaBlues	19
Figura 12: Exemplo de exercícios disponíveis e os dispositivos onde é funcional	20
Figura 13: Arquitetura de funcionamento do D'accord	20
Figura 14: Interface da aplicação D'accord (esquerda) e diagrama estrutural (direita)	21
Figura 15: Exemplos de experiências no Chrome Music Lab (1)	22
Figura 16: Exemplos de experiências no Chrome Music Lab (2)	23
Figura 17: Número de artigos sobre Instrumentos Musicais Digitais (DMI) para Educação ao longo de todas as edições da conferência NIME	24
Figura 18: Representação do nível de conhecimento necessário. Na esquerda a representação do número de artigos e na direita a distribuição por anos	24
Figura 19: Representação da curva de aprendizagem	25
Figura 20: Arquitetura da aplicação WebD'accord	30
Figura 21: Arquitetura modular do sistema para análise de áudio WebD'accord. Os blocos a tracejado representam funções de processamento	30
Figura 22: Conjunto de notas diatónicas (Dó Maior)	31
Figura 23: Base de dados da tonalidade de Dó Maior para 2 notas estipuladas	32

Figura 24: Arquitetura modular do sistema para análise de áudio, neste caso representando a base de dados da tonalidade de Dó Maior sendo 3 o número e notas estipuladas	32
Figura 25: Análise de áudio WebD'accord	33
Figura 26: Ficheiro extraído com representação do tempo e da intensidade da cor	33
Figura 27: Representação da intensidade da cor na interface (1)	34
Figura 28: Representação da intensidade da cor na interface (2)	34
Figura 29: Interface WebD'accord	35
Figura 30: Gama de cores da interface	36
Figura 31: Disposição das funções tonais na interface WebD'accord	36
Figura 32: Barra lateral com os áudios e os menus "Sobre" e "Ajuda"	37
Figura 33: Acesso ao menu "Ajuda" através do menu lateral	39
Figura 34: Menu "Ajuda"	40
Figura 35: Possibilidade de zoom no menu "Ajuda"	40
Figura 36: Acesso ao menu "Sobre" através do menu lateral	41
Figura 37: Menu "Sobre"	41
Figura 38: Sessão de aprendizagem (1)	43
Figura 39: Sessão de aprendizagem (2)	45
Figura 40: Sessão de aprendizagem (3)	47
Figura 41: Erros detetados na avaliação heurística	58
Figura 42: Estimativa de seriedade para cada heurística	59
Figura 43: Total de erros detetados em cada estimativa de seriedade	59

# Lista de Tabelas

Tabela 1: Ferramentas Tecnológicas de Auxílio Musical	13
Tabela 2: Tabela de Preenchimento	53
Tabela 3: Avaliação Heurística 1	54
Tabela 4: Avaliação Heurística 2	55
Tabela 5: Avaliação Heurística 3	57





# Abreviaturas e Símbolos

AAAF	Atividades de Animação e de Apoio à Família
AEC	Atividade de Enriquecimento Curricular
APP	Aplicação
BPM	Batimentos Por Minuto
CAF	Componente de Apoio à Família
CEB	Currículo do Ensino Básico
DMIs	Digital Music Instruments
JS	JavaScript
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
PTE	Plano Tecnológico de Ensino



# 1. Introdução

Neste primeiro capítulo é feito o enquadramento desta dissertação, a motivação para a realização do trabalho bem como a identificação do problema, a proposta de solução e os objetivos a alcançar. Tendo como base à dissertação a aplicação D'accord, que guia o utilizador em potenciais acompanhamentos (melódico e harmónico) de uma faixa musical (Bernardes, Cocharro, et al., 2017), aqui será expandida para ambiente *Web*, o WebD'accord, onde se inclui o *design* da interface de acordo com o desafio de ficar acessível em multiplataforma e multidispositivo. Como objetivo último, pretende-se que o WebD'accord promova a aprendizagem de princípios tonais como a melodia, harmonia e instrumentação.

Para perceber de que forma esta investigação é exequível e de modo a perceber problemas de usabilidade e estruturação, será realizado um método de avaliação heurístico da aplicação WebD'accord.

## 1.1. Contexto

A inserção da tecnologia no meio de ensino aumenta o interesse na aprendizagem por parte dos alunos, promove um ensino díspar e a cooperação entre alunos (Carneiro, 2014). Nas diversas áreas da educação, são vários os instrumentos que podem apoiar a aprendizagem, possibilitando ao aluno o prosseguimento das suas aprendizagens fora da sala de aula, ao seu próprio ritmo (Carneiro, 2014). Como refere Santrock (citado em Carneiro, 2014) para que esta integração resulte em aprendizagem efetiva, o professor deve considerar os recursos tecnológicos a utilizar para que os alunos possam reestruturar a informação de forma ativa. Deve também implementar uma estratégia educativa eficiente que não se refugie nos recursos didáticos e tecnológicos, mas usá-los como parte da aprendizagem cooperativa.

A utilização de tecnologia na sala de aula, de forma educativa, tem vindo a crescer e a mostrar ser uma mais valia, como demonstra o projeto Milage, da Universidade do Algarve (Figueiredo et al., 2016), que através da aplicação *MILAGE Aprender+*, tem conseguido bons resultados práticos no ensino da matemática. Podemos constatar que a tecnologia está sempre presente no

nosso quotidiano e deste modo não devemos descurar as ferramentas que temos ao nosso dispor e nos podem ser úteis.

Esta dissertação pretende aumentar o leque de ferramentas pedagógicas disponíveis no 1.º ciclo que possibilitem aprendizagens tonais. Para que se possa verificar o resultado deste desiderato, esta dissertação insere-se numa parceria com a Câmara Municipal de Matosinhos, sendo que se enquadra nas AEC, mais concretamente nas Oficinas de Música criadas por esta entidade. De todas as Oficinas de Música que estão ao dispor dos alunos, a que mais se enquadra neste projeto é a Oficina de Computação Musical. Esta dissertação visa integrar estas Oficinas como sendo mais um contributo criativo para esta inovadora forma de ensino.

## **1.2. Problema, Hipótese e Objetivo de Investigação**

O objetivo principal desta investigação é expandir o leque de ferramentas pedagógicas para o ensino da música no 1.º ciclo a partir de aplicações musicais *Web* que promovam fluidas aprendizagens. Partindo desta premissa, a pergunta de investigação é:

De que modo a aplicação D'accord pode contribuir na aprendizagem de conhecimentos musicais no universo da música tonal ocidental?

O trabalho apresenta desafios técnicos ao nível da computação sonora e musical e ao nível das ferramentas *Web*, assim como desafios pedagógicos na aplicação das referidas tecnologias em contexto de sala de aula. Em específico pretende-se:

1. expandir a aplicação D'accord (Bernardes, Cocharro, et al., 2017) para um ambiente *Web* onde seja possível a criação sonora multi-instrumental no navegador (*browser*), facilmente acessíveis numa multiplicidade de terminais e a aprendizagem musical de princípios tonais;
2. desenho de atividades pedagógicas conducentes à aplicação da ferramenta em sala de aula que respondam aos requisitos iniciais;
3. estruturação de um método de avaliação da aplicação, de modo a percecionar problemas de usabilidade.

### 1.3. Metodologia de Investigação

Esta seção delinea o desenho metodológico da investigação em linha com os objetivos enunciados na Secção 1.2. O presente trabalho expande a aplicação generativa D'accord (Bernardes, Cocharro, et al., 2017), que guia o utilizador em potenciais acompanhamentos (melódico e harmónico) de uma faixa musical, codificada em informação Musical Instrument Digital Interface (MIDI) e sintetizada em tempo real, ou a partir de sinais de áudio. Inicialmente eram colocados outros objetivos, como por exemplo o teste da aplicação WebD'accord em sala de aula. Dadas as restrições impostas face à pandemia mundial de COVID-19 (Sohrabi et al., 2020), foi necessário alterar estes objetivos no que concerne às atividades no contexto de sala de aula.

1. O que proponho é criar uma aplicação *Web* que permita aos alunos interagirem e desenvolverem competências relativamente aos conceitos de melodia, harmonia e instrumentação. Neste sentido irei expandir a aplicação D'accord para um ambiente *Web* colaborativo onde será possível acompanhar musicalmente um áudio previamente analisado. Para alcançar este objetivo, é incitado o repto de desenhar uma interface *Web* condizente com o desafio para que fique acessível em diferentes dispositivos, plataformas, lugares e em diferentes momentos, proporcionando assim alargada ubiquidade e a possibilidade de uma aprendizagem diferenciada, não necessitando de estar na sala de aula para ter acesso a esta aplicação. Para este primeiro objetivo ser realizado, a interface do D'accord será desenvolvida em ambiente *Web* através de HTML, CSS e JavaScript, com funcionalidades das bibliotecas p5.js e WebAudioFont.
2. As atividades pedagógicas da aplicação em contexto escolar serão efetuadas com um grupo de cerca de 25 alunos do 4.º ano (1.º ciclo), tendo como pesquisa o livro “*Pedagogias em Educação Musical*” (Mateiro & Ilari, 2012).

No contexto das aprendizagens essenciais estabelecidas no Currículo Nacional do Ensino Básico e também pelas Oficinas de Música estabelecidas pela Câmara Municipal de Matosinhos, delinerei três ações pedagógicas tendo como finalidade a exploração da ferramenta na aquisição de competências, segundo o seguinte plano:

- Na primeira sessão é apresentada a aplicação WebD'accord aos alunos. Tendo um áudio que apresente poucas mudanças harmónicas, os alunos vão acompanhar este áudio com a indicação do professor de onde e quando devem tocar. Nesta primeira sessão é necessário abordar mais as competências rítmicas, para que se ambientem à aplicação, sendo que serão trabalhados os conceitos de ritmo, tais como a pulsação;
- Na segunda sessão o principal conceito a trabalhar é a harmonia. Para tal, os alunos vão acompanhar um áudio em conjunto com o professor e posteriormente sozinhos. Posto isto, os alunos irão explorar os áudios previamente analisados;

- Na terceira e última sessão é trabalhado o conceito de melodia. Em grupo, um aluno, com um instrumento diferente dos outros irá realizar uma melodia enquanto os outros mantêm uma harmonia. Também poderão experimentar a mesma atividade, mas com os áudios disponíveis, ou seja, criar uma melodia para os diferentes áudios.

Nestas sessões, estão implícitas as aprendizagens de conhecimentos musicais, tais como: harmonia, melodia, instrumentação, ritmo e pulsação. Estas aprendizagens, como dito anteriormente, visam ir ao encontro dos temas e objetivos das Oficinas de Música estabelecidas pela Câmara Municipal de Matosinhos, inserindo-se na Oficina de Computação Musical. Desta Oficina pretendem-se cumprir os seguintes pontos:

- Improvisação Rítmica: tocar frases rítmicas de improviso em instrumentos de Percussão; aliar as improvisações rítmicas a meios tecnológicos;
- Improvisação Melódica: tocar frases melódicas de improviso em diversos instrumentos (xilofone, metalofone, jogos de sinos, flauta de bisel); aliar as improvisações melódicas a meios tecnológicos;
- Composição: compor músicas em grande grupo (composição de músicas e/ou canções originais, através de ideias sugeridas pelos alunos).

O facto de poderem escolher que nota tocar ou grau (acorde) usar, permite uma interação com o sistema e aprender auditivamente e teoricamente o que é harmonia e as funções tonais. Esta interface permite também que os alunos pratiquem diferentes ritmos, adquiram uma noção de tempo e pulsação e aprendam o seu papel musical através dos diferentes instrumentos disponíveis para tocar, tendo assim diferentes papéis consoante o instrumento escolhido e proporcionando um ambiente colaborativo em sala de aula.

3. Para avaliar a aplicação WebD'accord de modo a perceber problemas de usabilidade, será realizada uma avaliação heurística. Será pedido a quatro avaliadores que testem a aplicação dentro de parâmetros estabelecidos para que seja possível detetar erros de usabilidade (Daramola et al., 2017; Nielsen, 1993; Oliveira et al., 2003). Se for possível, que detetem falhas na mudança de harmonia aquando mudança de cores da interface.

## **1.4. Atividades de Enriquecimento Curricular**

Nesta secção é explicitado o contexto em que esta investigação se insere. A parceria com a Câmara Municipal de Matosinhos enquadra esta dissertação nas AEC, e nesta secção são apresentados os planos existentes a nível de 1.º ciclo e em contexto específico, bem como a limitação e/ou potencial a ter em conta.

### 1.4.1. Planos existentes e enquadramento global

Segundo a Direção-Geral da Educação (Direção-Geral da Educação - DGE, n.d.) as Atividades de Enriquecimento Curricular, inserem-se numa estratégia alargada de articulação entre o funcionamento da escola e a organização de respostas sociais no domínio do apoio à família. Existem três grandes vertentes: Atividades de Animação e de Apoio à Família na Educação Pré-Escolar (AAAF); Componente de Apoio à Família no 1.º ciclo do Ensino Básico (CAF) e a que nos é favorável para este estudo, que são as Atividades de Enriquecimento Curricular (AEC).

Consideram-se por AEC, atividades lecionadas no 1.º ciclo do ensino básico, de caráter facultativo e lúdico, formativo e cultural, que incidam nos domínios desportivo, artístico, científico e tecnológico, de ligação da escola com o meio, de solidariedade e voluntariado e da dimensão europeia da educação. Estas AEC dividem-se em quatro orientações programáticas: Ensino do Inglês para 1.º e 2.º anos; Ensino do Inglês para 3.º e 4.º anos; Atividade Física e Desportiva; Ensino da Música. As aprendizagens essenciais para o 1.º ciclo, são estruturadas em três domínios/organizadores: Interpretação e Comunicação; Experimentação e Criação; Apropriação e Reflexão (Direção-Geral da Educação - DGE, 2018). Estes três domínios (Figura 1) foram elaborados em concílio com o currículo de Música atualmente em vigor, com os organizadores comuns da Educação Artística.



Figura 1: Três domínios das Aprendizagens Essenciais

## 1.4.2. Conteúdos Específicos

A Câmara Municipal de Matosinhos foi o primeiro município do país a implementar as Atividades de Enriquecimento Curricular (Câmara Municipal de Matosinhos, 2013). Observando que era possível inovar e trazer uma mudança no ensino-aprendizagem, decidiram apostar em diferenciadas atividades aos longos dos anos: *surf*, patinagem artística e *rope skipping* (Câmara Municipal de Matosinhos, 2018a). Tendo as AEC uma relevância insubstituível para este município, houve um investimento de um milhão de euros do orçamento anual, apresentando uma nova matriz do Currículo Local de Educação (2018-2021), no âmbito de um compromisso com o Ministério da Educação em 2015 (Câmara Municipal de Matosinhos, 2018b). Mais recentemente, incluíram novas atividades como: Computação e Robótica Criativa; Impressão 3D; Cinema de Animação; Simulação Holográfica Aplicada ao Património da Cidade (Viva Porto, 2019).

Estas oficinas surgem, como já referido, do Currículo Local AEC para o ano letivo 2019/2020, e que consiste na junção das aprendizagens e competências essenciais e das propostas de operacionalização curricular do Currículo 1.º CEB e das AEC (Figura 2), respetivamente.



Figura 2: Concetualização do Currículo Local AEC (2018-2021)

Estas aprendizagens/competências são aplicadas nas diversas Oficinas de Música: Cavaquinhos; Violinos; Música & Património Local; Robótica & Computação Musical, etc. Sendo esta última a nossa área de interesse e estando direcionada para o 4.º ano de escolaridade, esta oficina (Computação Musical) consiste em explorar a improvisação, imaginação e composição, com recurso à programação, e fomentar o contacto com as novas tecnologias na área da Música. Como programa letivo tem os seguintes temas e objetivos (Câmara Municipal de Matosinhos, 2019):



- Improvisação Rítmica: tocar frases rítmicas de improviso em instrumentos de percussão; aliar as improvisações rítmicas a meios tecnológicos;
- Improvisação Melódica: tocar frases melódicas de improviso em diversos instrumentos (xilofone, metalofone, jogos de sinos, flauta de bisel); aliar as improvisações melódicas a meios tecnológicos;
- Composição: compor músicas em grande grupo (Composição de músicas e/ou canções originais, através de ideias sugeridas pelos alunos);
- Performance para Captação: realizar captações de diversos sons através de gravadores de áudio.

Para este projeto, os temas e objetivos que serão enquadrados são: Improvisação Rítmica; Improvisação Melódica; Composição.

## **1.5. Estrutura da Dissertação**

Para além da introdução, esta dissertação contém mais 6 capítulos. O capítulo 2 destina-se à revisão bibliográfica, sendo feita uma breve análise às tecnologias educativas, sistemas musicais interativos e *softwares* educativos. Também é feita uma abordagem às ferramentas tecnológicas de auxílio musical onde é feita uma revisão a várias ferramentas tecnológicas onde se encontram também o D'accord e Chrome Experiments. Ainda nas ferramentas tecnológicas encontra-se um artigo da Conferência NIME, onde é feita uma visão geral dos instrumentos musicais digitais apresentados nesta conferência ao longo dos anos.

No capítulo 3 é descrita a aplicação WebD'accord, apresentando as várias ferramentas de implementação, os detalhes da interface *Web* e a análise de áudio.

O capítulo 4 apresenta um plano de aulas, que teria sido posto em prática, onde constam três sessões de aprendizagem. Estas sessões procuram a aprendizagem de conceitos tonais como a melodia, harmonia e instrumentação.

No capítulo 5 é detalhada a avaliação heurística, os seus resultados e uma discussão sobre estes.

No capítulo 6 é apresentada a conclusão e proposta de trabalho futuro.

No capítulo 7 são indicadas as referências bibliográficas em consideração para esta dissertação.

Por fim, encontram-se os anexos.

## 2. Ferramentas Tecnológicas para Aprendizagem de Princípios Tonais

Neste capítulo são contextualizadas as diferentes ferramentas tecnológicas encontradas na literatura. Para que o leque de informação seja mais reduzido/focado (devido à quantidade de ramificações), o foco são: as tecnologias educativas em contexto de sala de aula, mais concretamente as tecnologias que promovam o ensino de conhecimentos musicais. Os sistemas musicais interativos inserem-se com o mesmo conceito, assim como os *softwares* educativos. Neste sentido, são mencionados os projetos que considerei de referência e que podem de alguma forma contribuir para esta investigação.

### 2.1. Tecnologias Educativas

Devido ao impulso tecnológico do séc. XX, as instituições educativas são obrigadas a reestruturar os seus princípios de organização. Surge assim a Tecnologia Educativa, como forma de educar o Homem para atuar conscientemente num ambiente tecnológico e como uma ciência aplicada capaz de contribuir para tornar o processo educativo mais eficaz, proporcionando uma melhor aprendizagem (Figura 3) (Blanco & Silva, 1993).

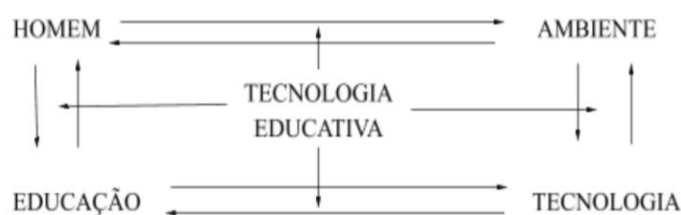


Figura 3: Elementos configurantes da Tecnologia Educativa

Este conceito, inerente à tecnologia, tem sofrido alterações ao longo dos tempos. Mottet define tecnologia como uma integração de tecnologias na Educação. Já para Blanco, Dias & Silva, a tecnologia educativa tem como finalidade o estudo da comunicação no processo educativo, de forma a integrar no ato didático todos os recursos que promovam discursos diversificados com vista a provocar modificações de comportamento significativas (Pinheiro, 2010). Segundo Blanco & Silva (1993) este conceito, tecnologias educativas, teve três etapas de evolução:

- Ajudas para o ensino – designa-se por Tecnologia para o Ensino, com o intuito de modernizar as aulas em que as técnicas audiovisuais justificam o seu uso através da existência de informação fixa e móvel. Os aparelhos são considerados um suplemento de ajuda ao ensino visto simplificar e ampliar os processos de instrução;
- Ajudas para aprendizagem – após investigações na psicologia da aprendizagem e na comunicação, percebe-se que os meios audiovisuais e a sua técnica comunicativa transformam o processo ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno. Desta forma, comparativamente à etapa anterior, as ajudas dão lugar aos métodos, os aparelhos aos recursos e o ensino deixa de estar centrado no professor, mas sim no aluno; as técnicas isoladas congregam-se numa tecnologia tendo como objetivo final a otimização dos processos de ensino-aprendizagem;
- Focagem Sistémica – o surgimento da cibernética e a sua inclusão no contexto escolar possibilitou ao professor intervir de forma mais abrangente no sistema educativo. Esta, aliada com a hipermédia, permite que as tecnologias educativas proporcionem uma mudança educativa sendo “um processo complexo e integrado que implica homens e recursos numa interação Homem-máquina, métodos que exigem inovação e uma organização eficiente (engenharias de sistemas) para analisar os problemas e imaginar, implantar, gerir e avaliar as suas soluções numa meta caracterizada por mudança educativa” (Blanco & Silva, 1993).

Mais concretamente, em Portugal foi aprovado o Plano Tecnológico da Educação (PTE), pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007, 2007, a 18 de setembro, que “assume como compromisso a modernização tecnológica das escolas visando a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem e o reforço das qualificações das novas gerações de portugueses, através da concretização de um conjunto integrado de programas e projetos de modernização tecnológica das escolas”. O PTE prevê então duas vertentes de intervenção (Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007, 2007; Raimundo, 2011):

- Apetrechamento e modernização do parque informático das escolas com a finalidade de integrar estas ferramentas no processo pedagógico e didático;

- Formação e certificação (inicial e contínua) de professores em novas tecnologias, de forma a dar respostas às necessidades detetadas pelo uso inovador e pedagógica das TIC.

### 2.1.1. Sistemas Musicais Interativos

Após a revisão de literatura, Rowe (citado em Drummond, 2009) apresenta os sistemas musicais interativos como aqueles cujo comportamento muda em relação a um *input* musical. Esta capacidade de resposta permite que estes sistemas participem em performances ao vivo, sendo esta improvisada ou escrita. Estes sistemas são classificados, não só para caracterizar os programas, mas também para identificar similaridades entre estes e identificar relações entre os novos sistemas e os seus antecessores. Esta classificação de sistemas musicais interativos, consiste em três dimensões (Drummond, 2009; Guerra, 2011; Martins, 2005; Murray-Browne, 2012):

- **Métodos de Entrada:**

- *Score-driven* – sistemas que incorporam conhecimento da estrutura composicional. Estabelecem uma relação com a música de “entrada” através de fragmentos de música armazenados. Permite que o utilizador acione estes eventos e sejam reproduzidos pelo sistema em sincronização com o utilizador;
- *Performance-driven* – sistemas orientados para a performance, que não possuem conhecimento da estrutura composicional. Não usam categorias métricas tradicionais, mas sim parâmetros mais gerais, como a densidade e regularidade, para descrever o comportamento temporal da música que chega.

- **Tipo de Resposta:**

- Transformativa – transformam o material musical existente para criar variações. Estas variações podem ou não se identificar com o original, sendo que para algoritmos transformativos, o material fonte não necessita ser armazenado visto estas transformações serem, maioritariamente, aplicadas em tempo real. Estas transformações podem incluir técnica de inversão, retrogradação, *delay*, distorção, etc.;
- Generativa – o material fonte é elementar e fragmentado, como escalas ou padrões de duração. Os processos generativos podem incluir funções como seleção aleatória e estocástica. Para os algoritmos, há mais possibilidades para processos generativos, como *clustering*;
- Sequenciada – consiste na reprodução de materiais pré-concebidos e armazenados. Normalmente transforma o material armazenado, em resposta à performance a decorrer em tempo real, variando o tempo de *playback*, dinâmica e variações rítmicas.

- **Paradigma Instrumento/Instrumentista:**

- Instrumento – sistemas que funcionam como um instrumento tradicional. Executado por um só utilizador, o resultado assimilar-se-ia a um solo;
- Instrumentista – sistemas que tentam construir um instrumentista virtual, independente ou improvisador, que interage com o músico humano, respondendo com personalidade e comportamento próprio, mas com conexão ao desempenho humano. Executado por um só utilizador, o resultado assimilar-se-ia a um dueto.

### 2.1.2. *Softwares* Educativos

O apelo à introdução de novas metodologias no processo de ensino e aprendizagem criadas à luz do construtivismo de Piaget, dá particular destaque a quatro correntes pedagógicas desta área: Dalcroze, Orff, Kodály e Wuytack. Mais recentemente, alguns investigadores, defendem o conceito de construcionismo, que expande o conceito de construtivismo, ou seja, a construção do conhecimento pela introdução de novas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem (Papert, 1986, Jonassen, 2007, citado em Raimundo, 2011). Assim sendo, segundo Miletto et al. (2004), há dois aspetos a ter em consideração relativamente ao uso de computadores na educação, com particular enfoque na educação musical:

- 1) Não se pretende substituir o professor. Pretende auxiliar à prática de ensino, e tem de ser visto como mais uma ferramenta complementar;
- 2) O professor é quem decide a forma mais adequada de usar as ferramentas computacionais para enriquecer o ambiente de aprendizagem.

Relativamente ao uso de *software* na educação musical, os mesmos autores referem três níveis (Raimundo, 2011):

- 1) Utilização de *software* musical em geral (editores de partituras, sequenciadores, etc.), como ferramenta educativa, embora não tenha sido criado especificamente para esse objetivo;
- 2) Utilização de *software* especificamente criado para uso educativo-musical, tais como treino auditivo, tutores teórico-musicais, etc.;
- 3) Programação sónica, que permite aos músicos a criação do seu próprio *software*, adaptado a uma estratégia de ensino particular ou para situações de ensino específicas que envolvam programação de computadores, como por exemplo, o ensino de composição eletroacústica.

Dividem-se em seis os diferentes tipos de *softwares* musicais (Filipe et al., 2008; Miletto et al., 2004; Raimundo, 2011):

- Acompanhamento – Produz um autoacompanhamento e ritmos em tempo real. Permite realizar composições, arranjos e autoacompanhamento;
- Edição de Partituras – Serve para editar e imprimir partituras. Permite a inclusão de notas, tanto usando o rato como diretamente de uma execução de um instrumento MIDI;
- Gravação de Áudio – Permite gravar múltiplas e simultâneas trilhas de áudio digitalizado e edição de som, como equalização, afinação, compressão de tempo, entre outros;
- Instrução Musical – Programas utilizados para o estudo de teoria e percepção, ou então, o auxílio à aprendizagem de um instrumento musical;
- Sequenciamento Musical – Permite gravação, execução e edição de músicas tipicamente no formato MIDI. É possível escolher diferentes instrumentos para tocar a mesma música devido ao facto de não serem os sons que estão armazenados, mas sim as informações de execução das notas;
- Síntese Sonora – Geram sons (timbres) a partir de amostras sonoras armazenadas ou por algum processo de síntese digital. O utilizador tem a possibilidade de criar os seus próprios instrumentos, desenvolvendo assim as suas habilidades de descobrir novos sons.

O fundamental neste ponto é que os docentes encarem a tecnologia como uma ferramenta de auxílio ao ensino. Este complemento na forma de ensino não pode e não deve substituir o formador. Esta mudança de paradigma pode resultar num acesso mais abrangente a informações e de uma constatação dos benefícios destes sistemas no processo de ensino/aprendizagem (Miletto et al., 2004).

Para esta investigação, tendo em conta a designação acima referida, irei ter em consideração os *softwares* de instrução musical e alguns de referência de acompanhamento.

## **2.2. Ferramentas Tecnológicas de Auxílio Musical**

Após uma análise detalhada às diferenciadas ferramentas de auxílio musical, percecionei que há inúmeras e é praticamente impossível enumerá-las a todas. No entanto, e considerando os *softwares* de instrução e acompanhamento como já mencionado no ponto 2.1.2, considereei realizar a Tabela 1, onde se encontram as diferentes ferramentas que me deparei na literatura, estando organizadas pela sua função.

Tabela 1: Ferramentas Tecnológicas de Auxílio Musical

Função Software	Ditados Rítmicos e Melódicos	Escrita Musical	Jogos Educativos	Tocar com diferentes instrumentos musicais	Percepção Auditiva	App Móvel	App Web	Direcionada para contexto escolar	Colaborativa
Earmaster	X	X			X	X			
GNU-Solfege	X	X			X				
SiAEM	X	X			X		X	X	
Auralia	X	X			X	X			
MusicTheory					X	X	X		
Theta Music Trainer			X		X	X	X		
Mobile Application			X	X		X			
MOGCLASS				X		X		X	X
GimmeDaBlues				X		X			
Música Seis				X		X	X	X	
Chrome Experiments				X	X	X	X		

Como podemos observar na Tabela 1, estão mencionadas algumas das ferramentas tecnológicas de auxílio musical que achei mais pertinentes devido à sua função e qualidade que apresentam. As funções estão divididas em: Ditados Rítmicos e Melódicos; Escrita Musical; Jogos Educativos; Tocar com diferentes instrumentos musicais; Percepção Auditiva. Está também caracterizado na Tabela 1 se a ferramenta em questão é uma Aplicação Móvel e/ou Aplicação Web. Por último, se o *software* em questão está direcionado para contexto escolar e se tem função colaborativa, i.e., se permite ser praticado e utilizado em grupo.

São apresentados na Tabela 1 onze *softwares* em que cinco deles estão direcionados para serem usados unicamente em App Móvel, um para App Web e quatro que podem ser usados das duas maneiras, como podemos observar na Figura 4. O GNU-Solfege é o único que só está disponível como *software* que necessita de ser instalado no computador.

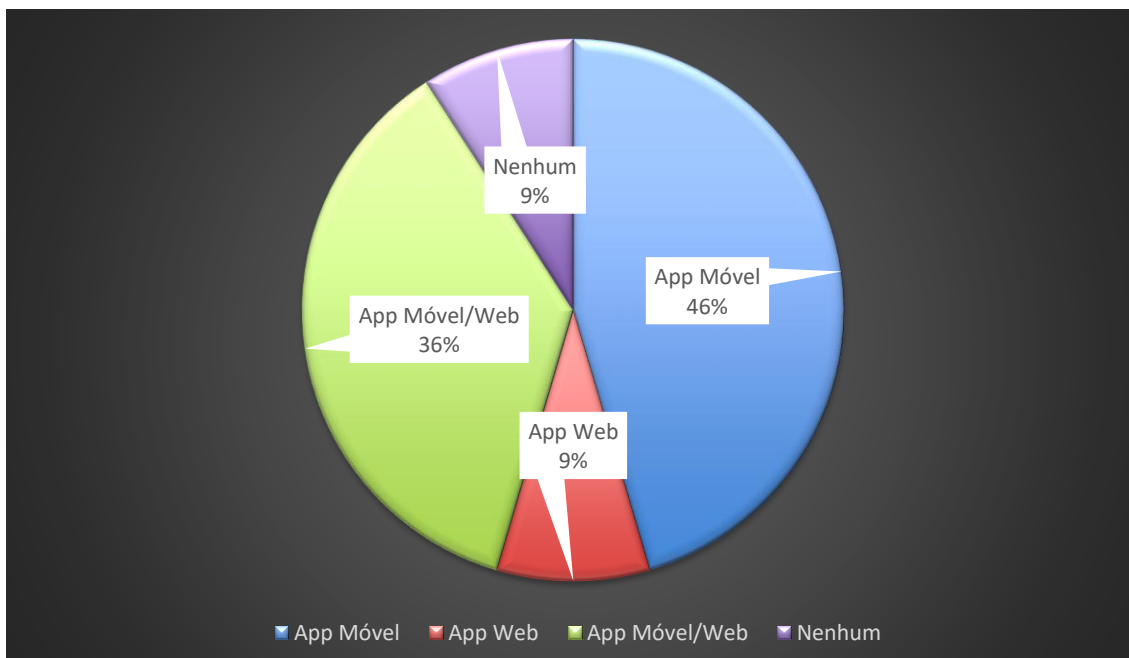


Figura 4: Diagrama circular representativo do número de Aplicações Móveis e Web

Relativamente às suas funções, observa-se que a percepção auditiva é a função mais trabalhada, com sete *softwares* a terem esta funcionalidade, seguido da possibilidade de Tocar com Diferentes Instrumentos Musicais com cinco *softwares* e dos Ditados Rítmicos e Melódicos e da Escrita Musical com quatro. Como Jogos Educativos, só dois *softwares* têm essa função. Porém, estes *softwares* não incluem só estas funções individualmente, tendo até três (neste caso) funções combinadas como é o caso do Earmaster que combina as funções de Ditados Rítmicos e Melódicos, Escrita Musical e Percepção Auditiva.

A grande lacuna destas aplicações é que, como podemos observar na Figura 5 e na Tabela 1, mais de metade não estão direcionadas para contexto escolar, e em termos de serem colaborativas apenas uma permite essa função. Em suma, apenas uma aplicação está direcionada para contexto escolar e para ser colaborativa.



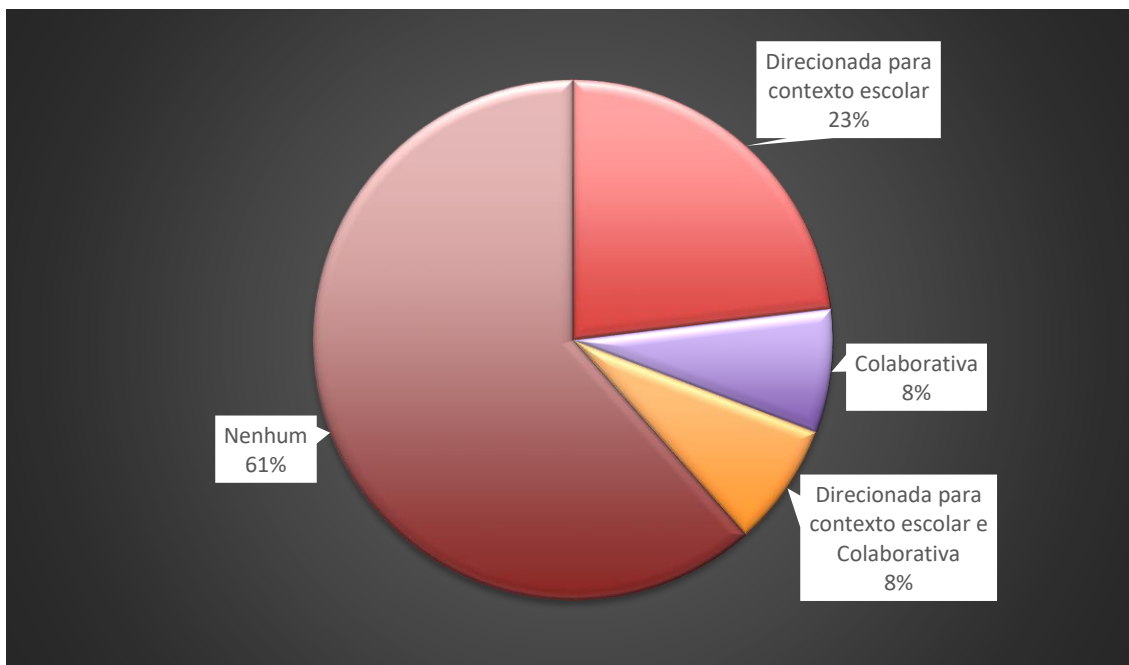


Figura 5: Diagrama circular representativo das Aplicações direcionadas para contexto escolar e colaborativas

Como observamos nesta análise a diferenciadas ferramentas de auxílio musical, apesar de existirem inúmeros *softwares* de instrução e acompanhamento, há um grande fosso entre as suas funções e a sua utilidade num contexto escolar de sala de aula, onde seja possível usá-los como um complemento ao ensino e de forma colaborativa.

### 2.2.1. Descrição dos *Softwares*

**Earmaster** (EarMaster ApS, n.d.) é um *software* que perdura desde 1996. O principal foco é a perceção auditiva sendo que aborda também conceitos de ritmo, escrita musical e também dispõe de aspetos ligados unicamente ao jazz. É um *software* multiplataforma. A Figura 6 representa o exemplo de um exercício disponível no *software*.

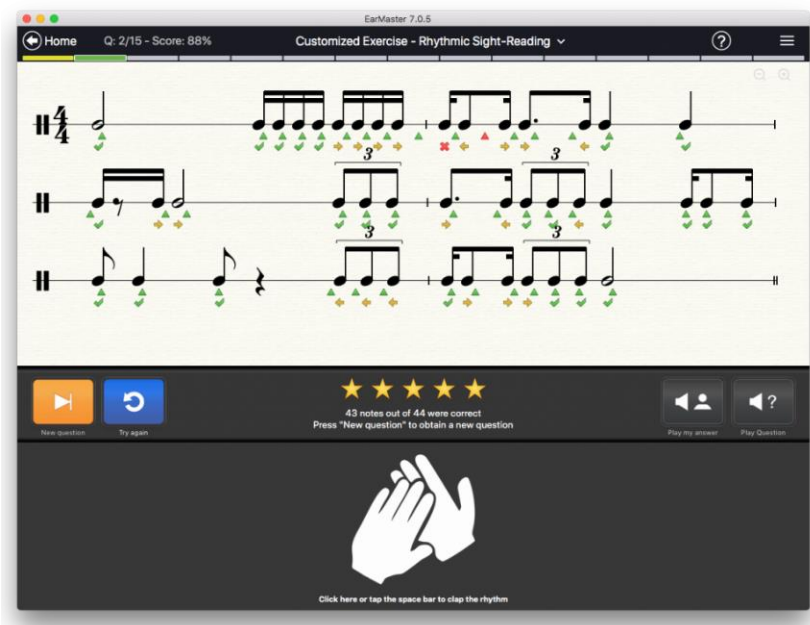


Figura 6: Exemplo de exercício no Earmaster

**GNU-Solfege** (Free Software Foundation, n.d.) é semelhante ao Earmaster, mas com uma interface mais primitiva. É um *software* de percepção auditiva onde também é possível praticar ritmos e transcrição melódica. A Figura 7 representa o exemplo de um exercício disponível no *software*.

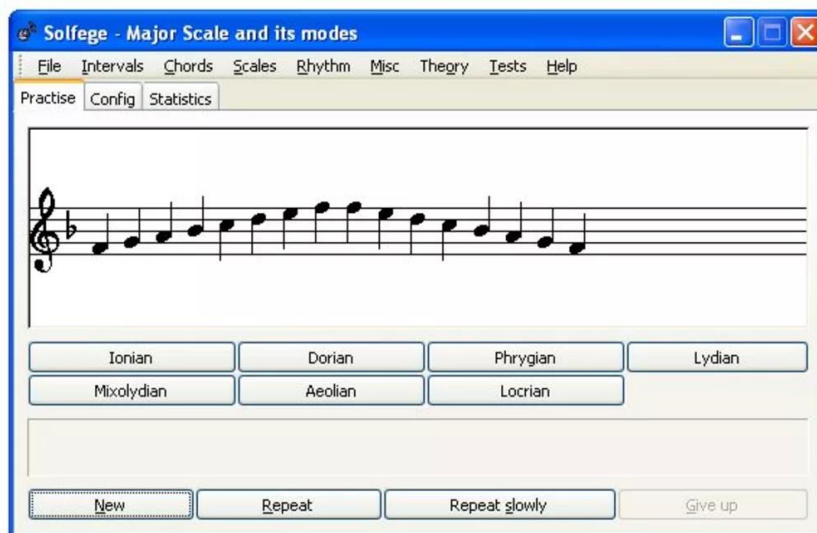


Figura 7: Exemplo de exercício no GNU Solfege

Sistema de Auxílio à Educação Musical ou **SiAEM** (Filipe et al., 2008), é uma ferramenta que procura ajudar na aprendizagem e ensino de música. Estabelecida para *Web*, tem um módulo gerador de partitura, um editor de prova de testes (auditivos e teoria), que proporciona ao formador ter várias possibilidades de fornecer material didático e em diferentes níveis, desde o iniciante ao mais avançado.

**Auralia** (Rising Software, n.d.) é um *software* que abrange a perceção auditiva e outros diversos tópicos como ritmo, intervalos, escalas, acordes e elementos musicais. É um *software* multiplataforma. A Figura 8 representa os exercícios disponíveis no *software*, na versão 4 deste.



Figura 8: Exercícios disponíveis (Versão 4)

**Musictheory** (musictheory.net, n.d.) é uma app móvel que também funciona na *Web*, sendo que apresenta limitações nesta plataforma e como conteúdo grátis. Há uma variedade de funções, desde perceção auditiva, teoria musical, ritmos, intervalos, etc. A Figura 9 representa alguns exercícios disponíveis.

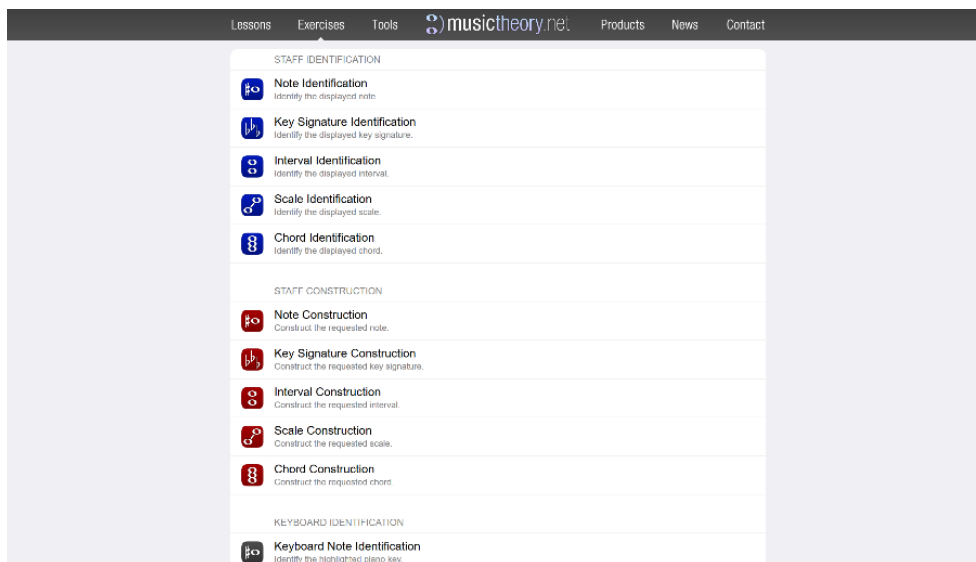


Figura 9: Exemplo de exercícios disponíveis no site Musictheory

**Theta Music Trainer** (Theta Music Technologies, n.d.) é um sistema *online* de cursos e jogos para percepção auditiva e teoria musical. É também um sistema pago se quiser avançar nos cursos/lições. Também tem uma app móvel com os diferenciados jogos educativos. A Figura 10 representa alguns exercícios disponíveis.

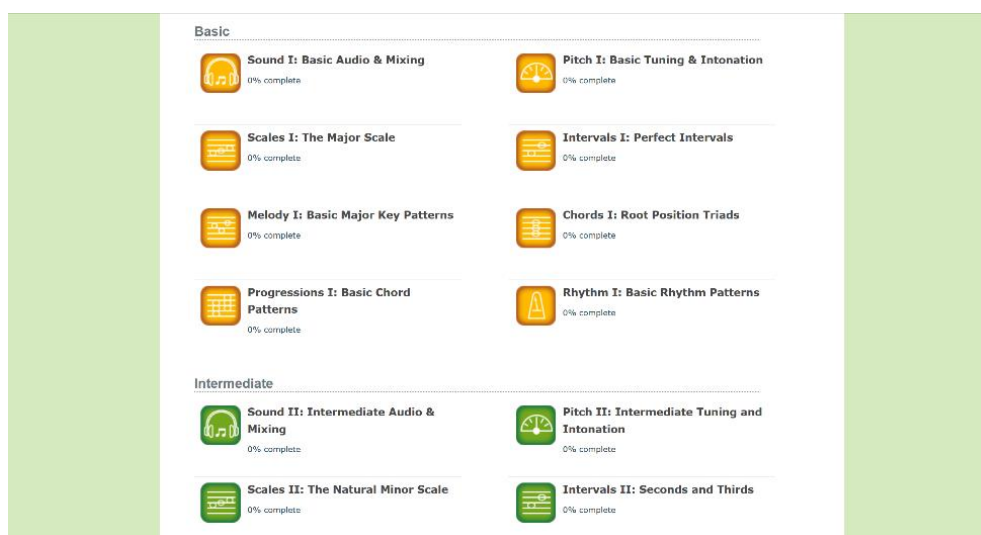


Figura 10: Alguns exercícios disponíveis no site Theta Music Trainer

**Mobile Application** (Ng et al., 2013) permite aos utilizadores aprender música de uma forma divertida através do dispositivo móvel. É possível também acompanhar o progresso de aprendizagem. A aplicação é dividida em três partes: teoria musical; jogos educativos; utilização de instrumentos musicais.

**MOGCLAS** (Zhou et al., 2011) é um sistema de rede para dispositivos móveis que permite executar e produzir música de forma colaborativa em contexto de sala de aula. Apresenta várias possibilidades de instrumentos a serem usados e também a possibilidade de ser praticada individualmente com fones (como forma de prática) e posteriormente com o grupo onde está inserido.

A aplicação móvel **GimmeDaBlues** (Dias, 2018) tem como objetivo possibilitar a cada utilizador a criação de melodias, sem ter qualquer formação a priori. São dispostos quatro instrumentos que são combinados (piano, trompete, contrabaixo e bateria), sendo que a “inteligência musical” controla os aspetos técnicos como a melhor combinação de notas. O utilizador encarrega-se dos aspetos criativos como o ritmo, a melodia e harmonia, sendo que a aplicação garante sempre uma consistência musical viável. Esta app móvel está disponível para IOS. A Figura 11 representa a interface desta aplicação.



Figura 11: Interface da aplicação GimmeDaBlues

**Música Seis** (Portugal Multimedia, n.d.), foi desenvolvido para apoio ao manual escolar de música do 6.º ano de escolaridade, sendo dividida em três partes: simulador de instrumentos musicais Orff (onde os alunos podem tocar e treinar o que aprenderam nas aulas); *karaoke* musical (o aluno segue as diferentes partituras disponíveis sendo que pode escolher qual ouvir/parar/acompanhar); Caixa de ritmos (permite criar um *beat* de forma simples e intuitiva, com a utilização dos sons de alguns instrumentos Orff). A Figura 12 representa alguns dos exercícios disponíveis na aplicação e também os diferentes dispositivos onde é funcional.

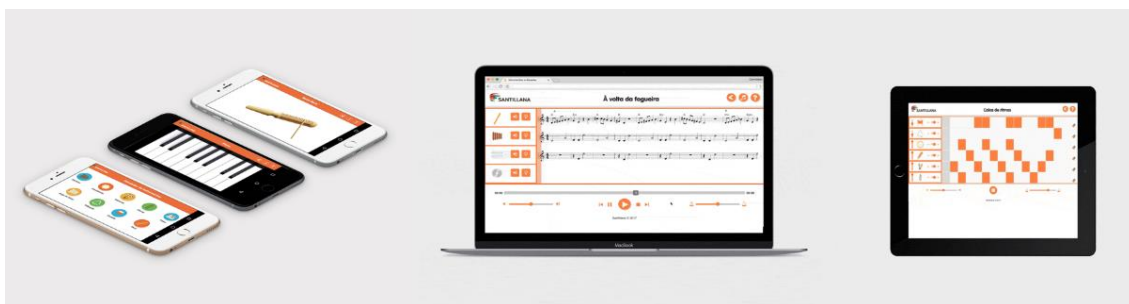


Figura 12: Exemplo de exercícios disponíveis e os dispositivos onde é funcional

### 2.2.2 D'accord

A aplicação generativa D'accord (Bernardes, Cocharro, et al., 2017) será a base desta investigação. D'accord é um sistema de música generativa para acompanhamento melódico e harmónico de uma faixa musical, codificada em informação MIDI e sintetizada em tempo real, ou a partir de sinais de áudio. A Figura 13 representa a estrutura de análise de áudio ocorrida no D'accord.

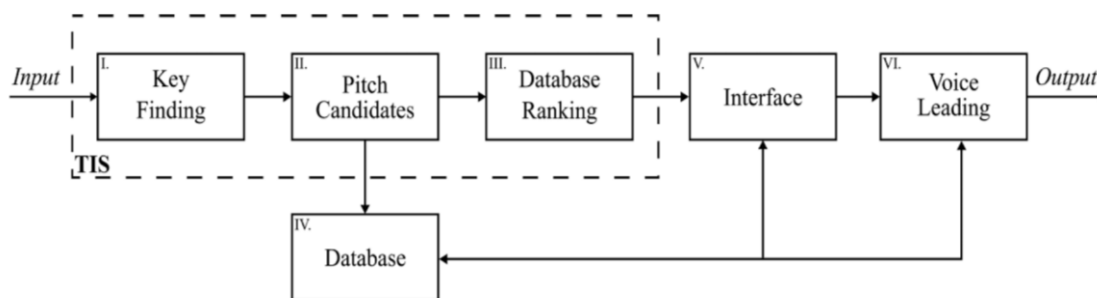


Figura 13: Arquitetura de funcionamento do D'accord

O leque de possíveis acompanhamentos é reduzido exponencialmente, do total de todas as combinações de estruturas musicais a um leque de menores opções (p. ex., o universo das sete notas do conjunto diatónico de uma escala maior ou menor), que melhor se adequa ao contexto musical do trecho a ser acompanhado. Em maior detalhe, a partir de uma faixa musical manifestada enquanto informação MIDI ou sinais de áudio, pretende-se reduzir o grau de opções de acompanhamento. O aspeto rítmico de quando tocar e qual das opções usar é da responsabilidade do aluno.

A Figura 14 apresenta a interface da aplicação, que pode ser controlada por um controlador (teclado) MIDI, via interação com o rato e ecrã ou via a interface do ecrã e o diagrama estrutural.

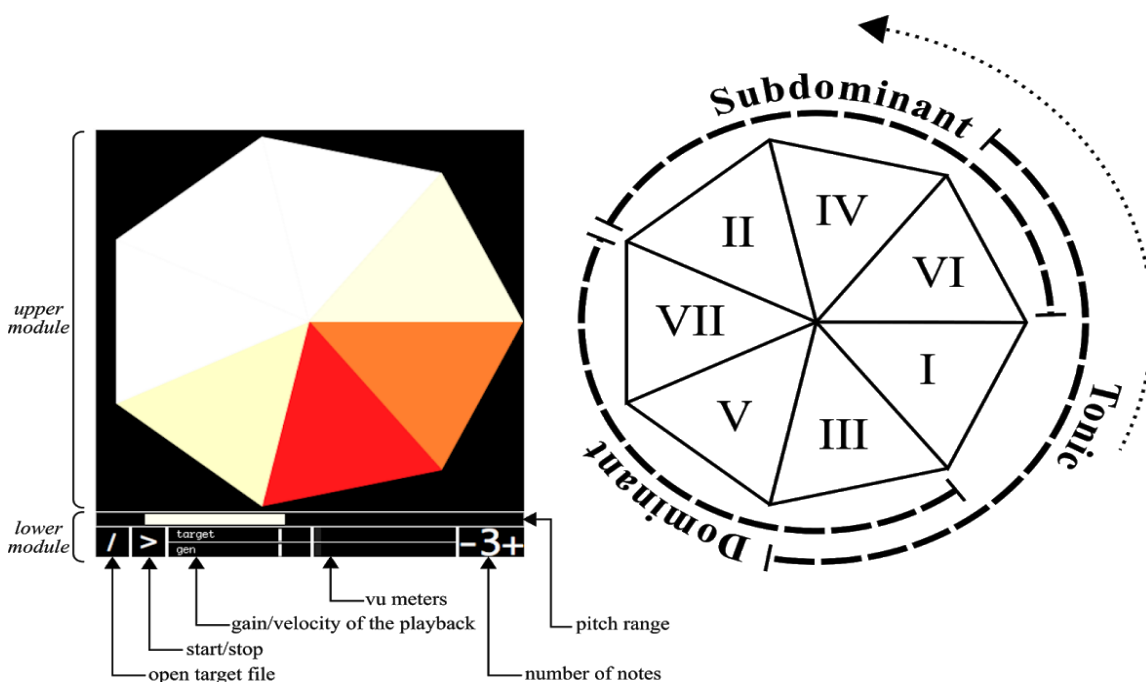


Figura 14: Interface da aplicação D'accord (esquerda) e diagrama estrutural (direita)

### 2.2.3 Chrome Experiments

“Chrome Experiments” é um *site* que reúne mais de mil experiências interativas (Google, 2009). Das mais variadas categorias que detém, o mais relevante para aqui são, obviamente, as experiências musicais. O **Chrome Music Lab** (Google, n.d.) faz parte deste “*site* principal” e é totalmente dedicado à aprendizagem de música, tendo como objetivo tornar a aprendizagem de música mais acessível através de experiências práticas e divertidas. Um dos aspetos que diferencia este *site* é o facto de ser apelativo devido ao seu *design* criativo e ser de fácil acesso podendo ser

acedido em diversos dispositivos: telemóvel, *tablet* e computador. O custo também é relevante, visto ser possível usufruir de conteúdo de qualidade superior sem ter qualquer custo financeiro.

O conteúdo varia desde a composição musical, à visualização de espetros musicais, a visualização de ondas sonoras numa escala diatónica, osciladores, visualização de acordes, entre outros. É de salientar que todas estas experiências têm um *design* extremamente apelativo e sugestivo. A Figura 15 mostra algumas experiências disponíveis diversificando entre composição (1.º na imagem da fila superior), criação de ritmo (2.º na imagem da fila superior) até composição através de pintura (3.º na imagem da fila inferior).

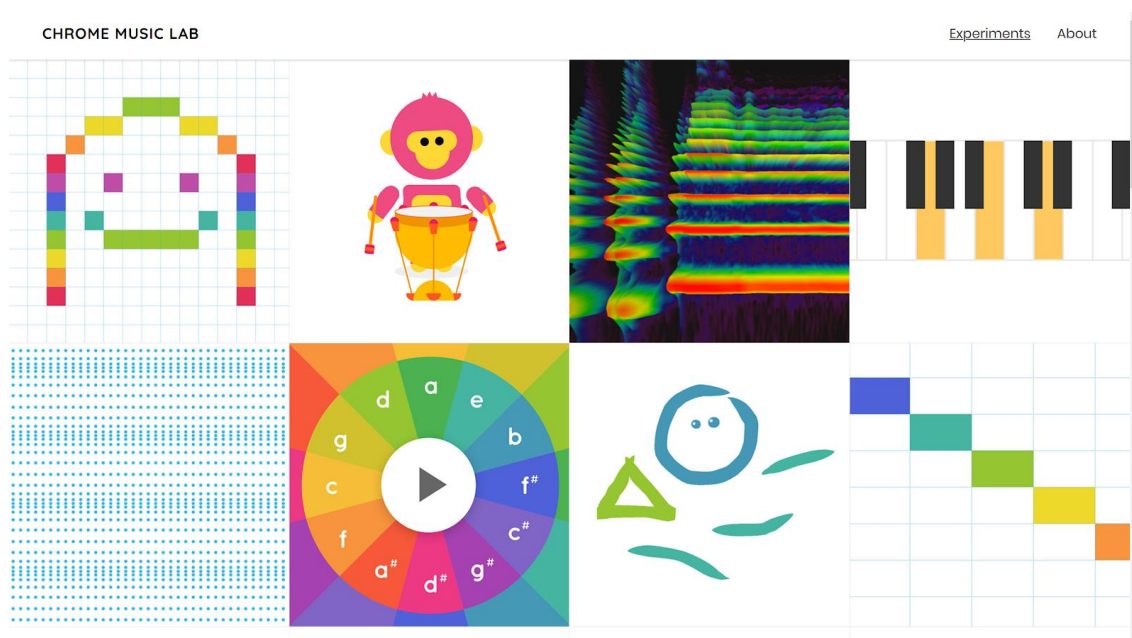


Figura 15: Exemplos de experiências no Chrome Music Lab (1)

Na figura 16 são representados outros exemplos das experiências musicais disponíveis neste *site* variando desde gravação e edição de voz (1.º na imagem da fila superior), *Piano Roll* (3.º na imagem da fila superior) até à visualização animada de um oscilador (4.º na imagem da fila superior).



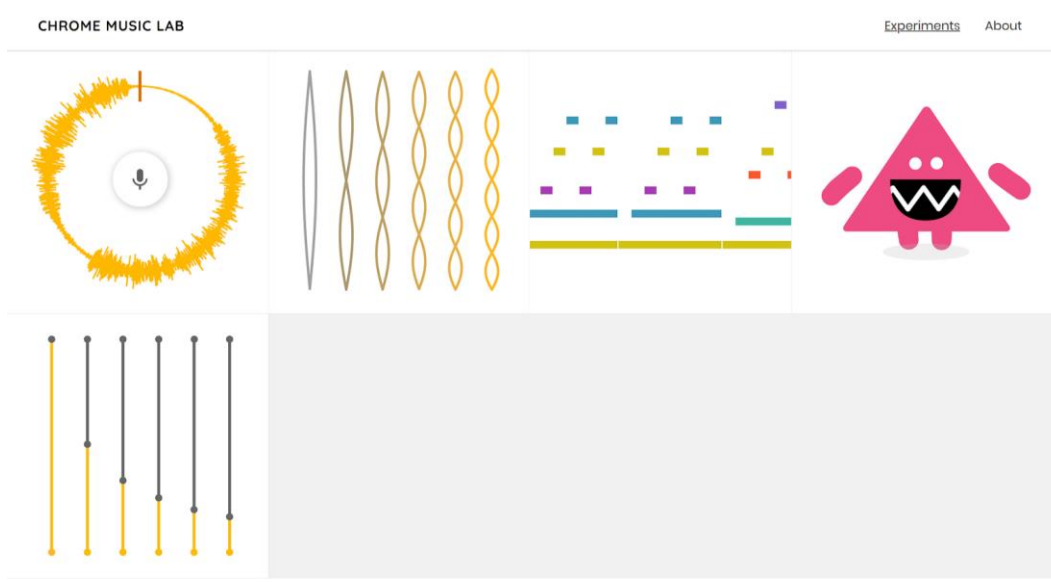


Figura 16: Exemplos de experiências no Chrome Music Lab (2)

#### 2.2.4 Visão Geral dos Instrumentos Musicais Digitais para Educação na Conferência NIME

Examining Temporal Trends and Design Goals of Digital Music Instruments for Education in NIME: A Proposed Taxonomy (Pessoa et al., 2020) é um artigo realizado no âmbito da dissertação e que compila um catálogo sobre Instrumentos Musicais Digitais para educação que foram propostos em todas as edições da conferência NIME.

Foram feitas várias análises estatísticas que demonstram um crescente interesse no uso destes Instrumentos Musicais Digitais no âmbito da educação. O crescente interesse aumentou nos últimos dez anos (Figura 17), sendo que o usuário alvo são os iniciantes sem conhecimento e prática musical, o que demonstra empenho na concetualização de experiências musicais projetadas para este grupo iniciante (Figura 18).

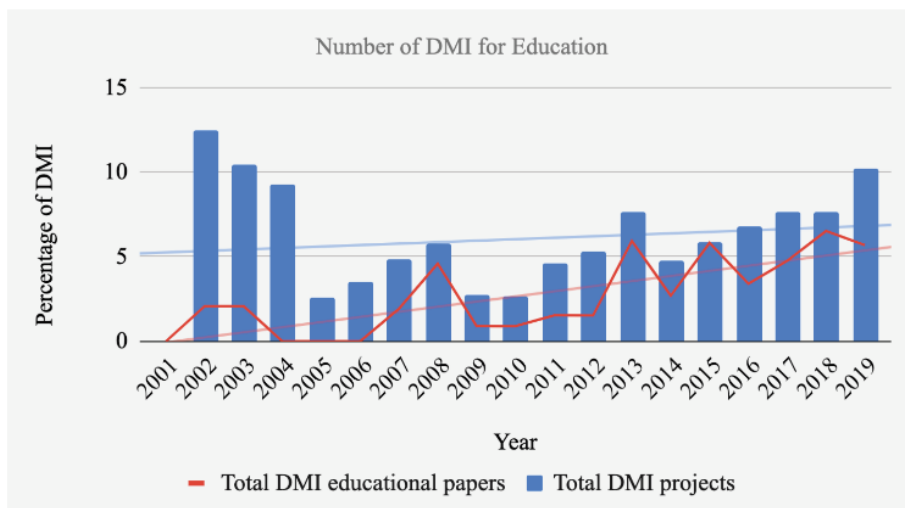


Figura 17: Número de artigos sobre Instrumentos Musicais Digitais (DMI) para Educação ao longo de todas as edições da conferência NIME

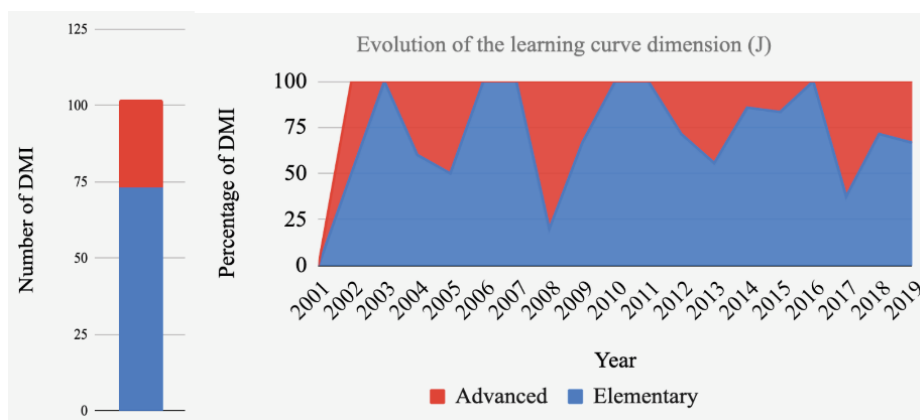


Figura 18: Representação do nível de conhecimento necessário. Na esquerda a representação do número de artigos e na direita a distribuição por anos

É também observada, provavelmente pelo crescente uso da tecnologia do dia a dia, uma mudança nas ferramentas pedagógicas, havendo cada mais o uso de aplicativos móveis. Por outro lado, a curva de aprendizagem varia (Figura 19), entre a necessidade de praticar o Instrumento Musical Digital para obter um resultado musical concreto e a obtenção de um resultado sem grande prática, sendo este último o mais predominante.



Figura 19: Representação da curva de aprendizagem

Estes Instrumentos Musicais Digitais permitem a possibilidade de inclusão nos currículos musicais devido a:

- Demonstrar um alto potencial para motivar o estudo e prática musical devido ao resultado quase imediato, que com um instrumento tradicional não acontece;
- O custo é baixo, estando direcionado para o uso de *smartphones*, impondo assim um grau de portabilidade e ubiquidade;
- Pode ser usado para a exploração de paisagens sonoras, representado o património cultural, local e global, e até mesmo a promoção da diversidade através das tradições culturais a partir da prática de múltiplos instrumentos simulados através do domínio digital.

Neste contexto e face aos inúmeros Instrumentos Digitais Musicais que têm sido desenvolvidos, é perceptível que poderia ser feito um plano de inclusão destes nos currículos de música (Pessoa et al., 2020).

## 2.3 Resumo

Como podemos observar, existem inúmeras ferramentas tecnológicas de auxílio musical. Após analisar cada uma delas, verifica-se que grande parte destas aplicações/*softwares* não são projetadas para ambientes musicais pedagógicos e como pudemos observar, apenas três delas estão direcionadas para o contexto escolar, de forma a poder ser incluída no plano curricular.

Estas ferramentas são programadas com objetivos musicais fixos: como a percepção auditiva ou a teoria musical. Assim sendo, é difícil impor uma abordagem sistêmica ao ensino de música, principalmente em crianças do primeiro ciclo (Addessi et al., 2004).

Uma dificuldade que poderá surgir será a nível de apresentação da interface perante os alunos, ou seja, de que forma é que a interface terá mais facilidade de uso e compreensão, e qual a estrutura a apresentar (notas e/ou acordes). Uma interface apelativa e cativante fará com que os alunos se interessem ainda mais pela aplicação.

Sendo que a tecnologia está sempre presente no nosso quotidiano e revendo tudo o que até aqui foi realizado, quer a nível de ferramentas pedagógicas como de tecnologias educativas, constata-se que atualmente o programa letivo musical não inclui nenhuma ferramenta tecnológica que permita fluidas experiências pedagógicas. Pretende-se explorar o potencial que a tecnologia pode trazer na sala de aula, promovendo diferentes experiências musicais, preenchendo assim esta lacuna que há entre a tecnologia musical e a sua adaptação ao ensino.

## 3. WebD'accord

Esta aplicação surge da necessidade de explorar o potencial que a tecnologia computacional pode ter em sala de aula e também pelo facto de proporcionar a aprendizagem de diferentes conceitos tonais de uma forma díspar.

Este capítulo detalha a aplicação construída sendo que na secção 3.1., são explicitadas as ferramentas usadas para a realização da aplicação WebD'accord.

No 3.2., é descrito o processo de análise de áudio realizado, o conteúdo da Interface *Web*, nomeadamente a interface, as três páginas disponíveis e da funcionalidade do círculo e de cada fatia.

O código realizado encontra-se disponível no repositório GitHub (<https://github.com/cparauta/WebDaccord.git>).

### 3.1. Ferramentas de implementação

Para ser possível desenvolver esta aplicação, foram utilizadas várias ferramentas, tais como HTML, CSS e JavaScript para desenvolvimento *Web*. Para o uso de algumas funcionalidades foram usadas algumas bibliotecas como: P5.js, WebAudioFont e jQuery; para a análise de áudio foi utilizado o ambiente de programação visual Pure Data (Puckette, 1996). De seguida são descritas estas ferramentas e o seu uso neste projeto, WebD'accord.

#### 3.1.1. HTML

*HyperText Markup Language* (HTML) é uma linguagem de marcação de texto criada por Tim Berners-Lee e utilizada para descrever e definir o conteúdo de uma página *Web* (Berners-Lee & Connolly, 1995). Esta linguagem não é uma linguagem de programação, mas sim de marcação. Enquanto a linguagem de programação é usada para expressar as instruções de um programa a um computador programável (Gotardo, 2015), a linguagem de marcação é usada para anotar texto, imagens e outro tipo de conteúdos para posterior exibição num navegador *Web*. Estes

navegadores limitam-se a interpretar estes elementos e a exibir o resultado final ao utilizador (Portela & Queirós, 2018).

HTML descreve e define o conteúdo da página *Web* contruída, mostrando a interface final ao utilizador, sendo que neste caso representa cerca de 1,1% do código deste projeto.

### 3.1.2. CSS

*Cascading Style Sheets* (CSS) é uma linguagem para definição de estilo. É usada como um mecanismo para definir cores, fontes e espaçamento, ao conteúdo de uma página *Web*. Com o CSS tornou-se possível agregar todos os estilos num ficheiro, potenciando a legibilidade, a manutenção e a modularização de todo o código de uma página *Web*. Nos primórdios da *Web*, toda a formatação e definição de estilos era incorporada diretamente no HTML.

As vantagens de usar CSS numa página *Web* são várias como a economização de tempo, o carregamento rápido, facilidade de manutenção e independência da plataforma (Portela & Queirós, 2018).

Na página WebD'accord, o uso de CSS representa cerca de 0.2% do código elaborado. A parte visual, à exceção do círculo e das cores, é toda realizada através de CSS.

### 3.1.3. JavaScript

O JavaScript foi criado por Brendan Eich e atualmente é uma das linguagens de programação mais populares a nível mundial. Popularizou-se como uma linguagem para navegadores *Web* dada a sua robustez e a total integração com o HTML e CSS (Portela & Queirós, 2018).

Esta linguagem de programação foi usada para escrever o código que possibilita a implementação na *Web*. Cerca de 98,7% do código programado para a aplicação WebD'accord é feito em JavaScript sendo, por exemplo, utilizado para implementar a análise de áudio na *Web*, para implementação das cores do círculo e dos instrumentos musicais disponíveis.

### 3.1.4. P5.js

P5.js é uma biblioteca JavaScript para programação criativa com o objetivo de tornar esta programação acessível e inclusiva para artistas, *designers*, educadores, iniciantes, etc. É gratuito e de código aberto para que possa estar acessível e todos possam aprender (McCarthy et al., 2015).

Neste projeto, o uso de P5.js permitiu a facilidade de implementação de alguns elementos, tais como a representação da gama de cores, a reprodução e implementação do áudio e a figura interativa (triângulos/círculo).

### 3.1.5. WebAudioFont

WebAudioFont é um conjunto de recursos e tecnologia associada que usa síntese sonora através de amostras de áudio (*sampling*) para possibilitar tocar instrumentos musicais no navegador (Surikov, n.d.).

De modo a ser possível termos uma grande variedade de instrumentos foi utilizada esta biblioteca que possui um catálogo de centenas de instrumentos, possibilitando também vários efeitos sonoros nos exemplos usados sendo compatível em múltiplos dispositivos.

### 3.1.6. jQuery

jQuery é uma biblioteca JavaScript que simplifica o processo de passagem e manipulação de documentos HTML que funciona em vários navegadores. É uma biblioteca rápida, pequena e com muitos recursos que com a versatilidade e extensibilidade que possui, mudou e simplificou a forma de como o utilizador programa (The jQuery Foundation, n.d.).

Neste projeto foi usado para facilitar, de um modo mais simples, a criação dos menus laterais aquando a redução de página ou uso de um dispositivo mais pequeno.

### 3.1.7. Pure Data

É uma linguagem de programação visual de código aberto para multimédia. Permite que seja possível, a todos os que utilizam este ambiente de programação, criar um *software* graficamente sem escrever linhas de código. Pode ser usado para processar e gerar som, vídeo e incorporar sensores de controlo. É um *software* versátil que pode ser usado em processamentos multimédia básicos como em projetos de grande escala (Hyde, 2006).

Neste projeto, o uso do Pure Data incide na análise de áudio. Os áudios implementados no projeto WebD'accord são previamente analisados no Pure Data de modo a poder extrair as características harmónicas e de variação de cor.

## 3.2. WebD'accord: uma interface para aprendizagem de princípios tonais

A aplicação WebD'accord é composta por três páginas diferentes: interface interativa, página "Ajuda" e página "Sobre". A interface interativa compreende a análise de áudio e os elementos constituintes da interface, que serão apresentados nos subcapítulos posteriores. A Figura 20 representa a arquitetura da aplicação WebD'accord.

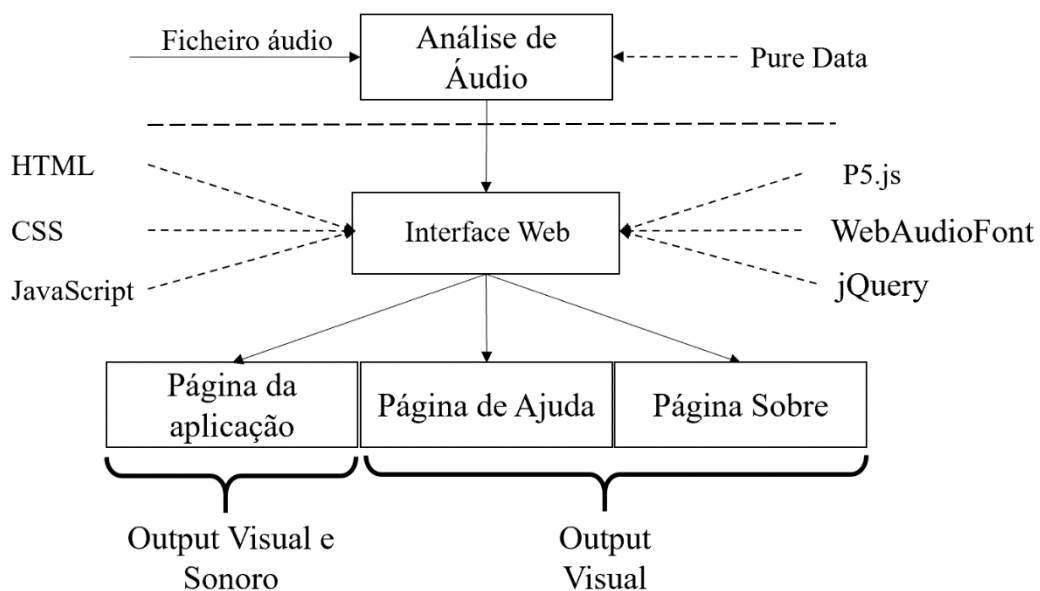


Figura 20: Arquitetura da aplicação WebD'accord

### 3.2.1. Análise de áudio

A aplicação WebD'accord apresenta uma variação de cores que é alterada consoante a harmonia. Para que esta alteração seja possível há uma análise prévia do áudio correspondente. Esta análise é feita em *offline* no Pure Data. O *input* (entrada) é um ficheiro áudio e o *output* (saída) são dois ficheiros, em que um apresenta o tempo e a intensidade de cor e o outro as 7 classes de altura, como se pode ver representado na Figura 21.

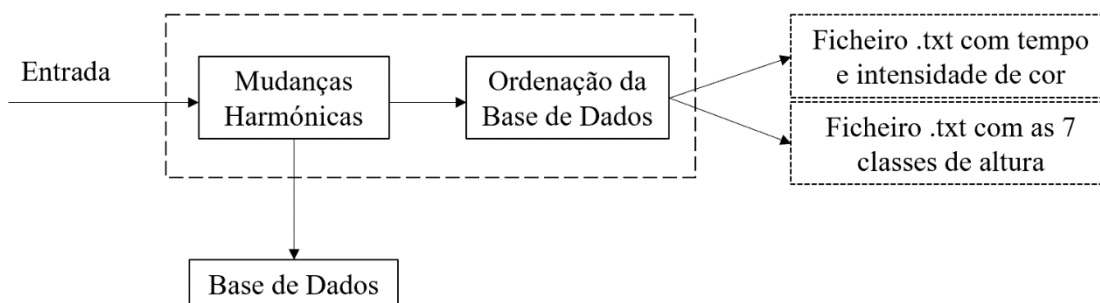


Figura 21: Arquitetura modular do sistema para análise de áudio WebD'accord. Os blocos a tracejado representam funções de processamento



A faixa de áudio selecionada pelo utilizador é analisada pelo *software* em tempo diferido, i.e., *offline*. O primeiro módulo do sistema faz uma segmentação e anotação do conteúdo do áudio ao detetar mudanças harmónicas, i.e., identifica nos tempos prováveis mudanças de acordes, usando o algoritmo proposto em Ramires et al. (2020). Aqui existe uma diferença para esta versão em relação ao D'accord e que pretende minimizar algumas limitações referidas pelos autores no artigo original (Bernardes, Cocharro, et al., 2017) ao desacelerar a velocidade com que as transições na interface ocorrem. A mudança introduzida foi o *software* procurar mudanças harmónicas e não de tempo, isto para que a interface alterne o menos possível, dado as mudanças harmónicas ocorrerem menos vezes que as mudanças de pulsação. Cada segmento resultante assume que na sua duração temporal o conteúdo harmónico do áudio tem poucas ou nenhuma mudanças.

Em paralelo, um algoritmo de deteção de tonalidade tenta inferir entre as 24 escalas maiores e menores qual a mais provável para o conteúdo harmónico do áudio em análise. O resultado do algoritmo é uma entre as 12 classes de alturas existentes entre Dó a Si e o seu modo (maior ou menor). O algoritmo para deteção de tonalidade baseia-se na organização espacial das classes de alturas no espaço, organizadas largamente de acordo com o ciclo das quintas e suas relativas menores do Espaço Tonal Intervalar (Bernardes et al., 2016) e o algoritmo de deteção de tonalidade é largamente baseado em Bernardes et al. (2017).

Após detetada a tonalidade do áudio, são criados 7 conjuntos de alturas que correspondem ao conteúdo diatónico da tonalidade inferida. As notas são armazenadas no banco de dados que consiste em 7 notas diatónicas que dependem de dois parâmetros: o número de notas estipuladas e ordenação das mesmas. Para gerar as 7 notas diatónicas, o sistema cria uma lista com as notas estipuladas da tonalidade detetada usando a escala maior e menor harmónica para os modos maior e menor, respetivamente. Em seguida, para cada grau da escala, ordena verticalmente um número de notas em intervalos de terceira. A ordem pela qual as notas estão ordenadas segue um padrão constante com base nos graus da escala da tonalidade estimada. Por exemplo, para a tonalidade de Dó Maior se o número de notas estipulado for 2, o resultado será a obtenção do conjunto diatónico {0, 2, 4, 5, 7, 9, 11}, representado na Figura 22, e como o número de notas estipulado foi 2, a base de dados será: {0 4, 2 5, 4 7, 5 9, 7 11, 9 0, 11 2}, como representa a Figura 23.

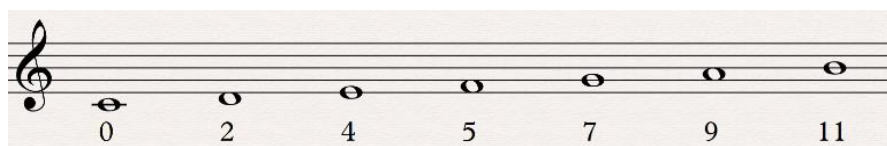


Figura 22: Conjunto de notas diatónicas (Dó Maior)

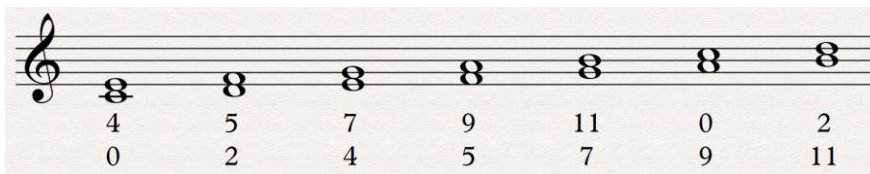


Figura 23: Base de dados da tonalidade de Dó Maior para 2 notas estipuladas

Esta base de dados está ordenada por graus e, como já referido, por terceiras. Se o número de notas estipuladas fosse 3, iria resultar em acordes (tríades maiores e menores), obtidos da mesma maneira referenciada anteriormente; se o número de notas estipuladas fosse 4 resultaria em acordes de sétima, sendo o número representativo da quantidade de notas. A Figura 24 representa o processo acima descrito para um áudio em Dó Maior e sendo 3 o número de notas estipuladas.

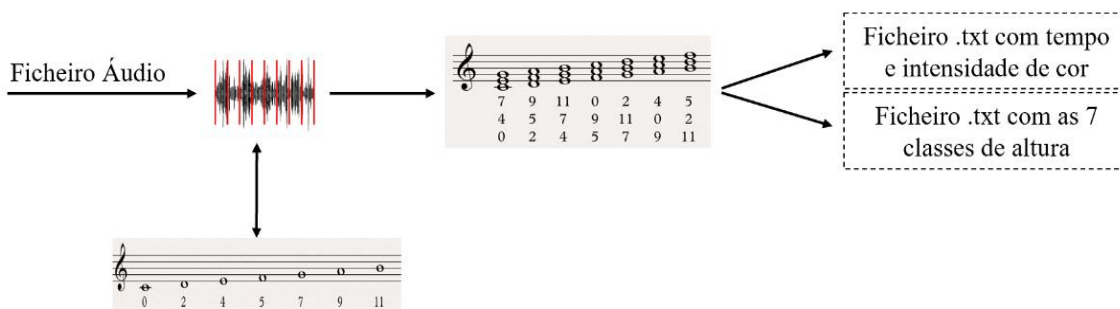


Figura 24: Arquitetura modular do sistema para análise de áudio, neste caso representando a base de dados da tonalidade de Dó Maior sendo 3 o número e notas estipuladas

Finalmente, após agregar os 7 conjuntos de alturas, o áudio volta a ser analisado para dispor de forma gradual, por nível de compatibilidade, cada segmento harmónico identificado. Para cada segmento a lista de 7 valores define o grau de compatibilidade harmónica entre o conteúdo harmónico do segmento em análise e os 7 conjuntos de alturas armazenados na base de dados. A medida de compatibilidade assenta em dois critérios: o grau de proximidade perceptiva entre o conteúdo harmónico do segmento e os 7 conjuntos de altura e o nível de consonância entre a combinação dos mesmos elementos. A Figura 25 representa o processo de análise do áudio. Esta métrica deriva do Espaço Tonal Intervalar e está vastamente documentada em *Harmony Generation driven by a perceptually motivated tonal interval space* (Bernardes, Cocharro, et al., 2017).

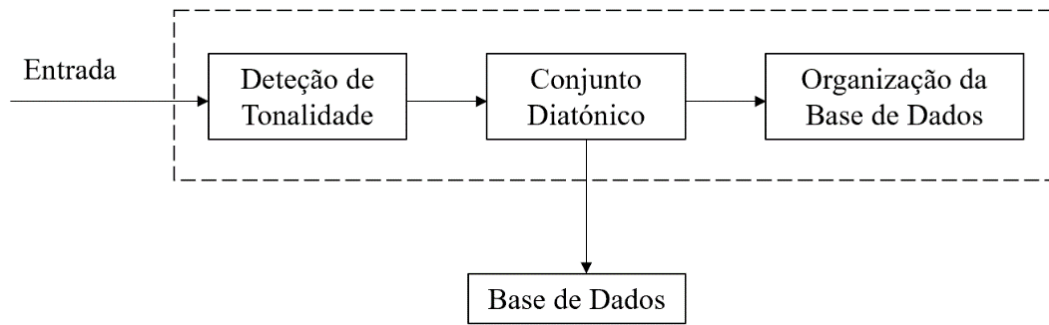


Figura 25: Análise de áudio WebD'accord

No final da cadeia de processamento resultam dois ficheiros: um define as 7 classes de altura consoante a configuração da base de dados e o outro ficheiro corresponde à estrutura de segundo com representação da intensidade de cada fatia do círculo, i.e., numa linha, por exemplo, o ficheiro apresenta na primeira coluna o tempo e nas restantes a intensidade da cor para cada fatia do círculo. Esta intensidade está associada à melhor possibilidade a ser tocada.

A Figura 26 apresenta um exemplo deste segundo ficheiro extraído, de modo a elucidar esta explicação.

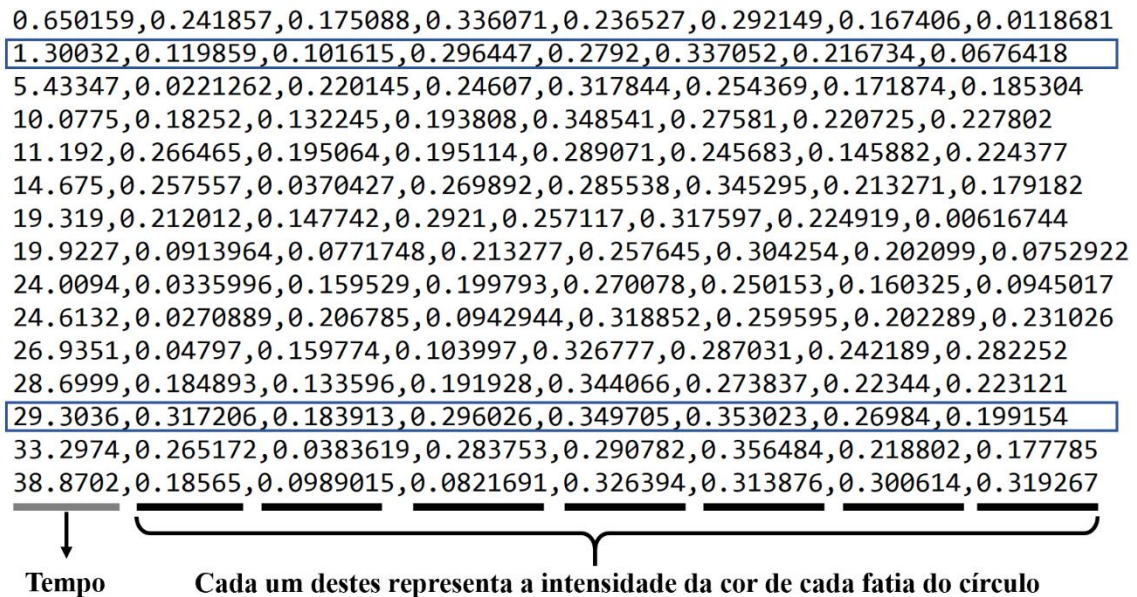


Figura 26: Ficheiro extraído com representação do tempo e da intensidade da cor

As Figuras 27 e 28 representam na interface os valores da Figura 26, mais concretamente os valores dentro das caixas, sendo que o primeiro valor é referente ao tempo e os outros à intensidade da cor em cada fatia do círculo.

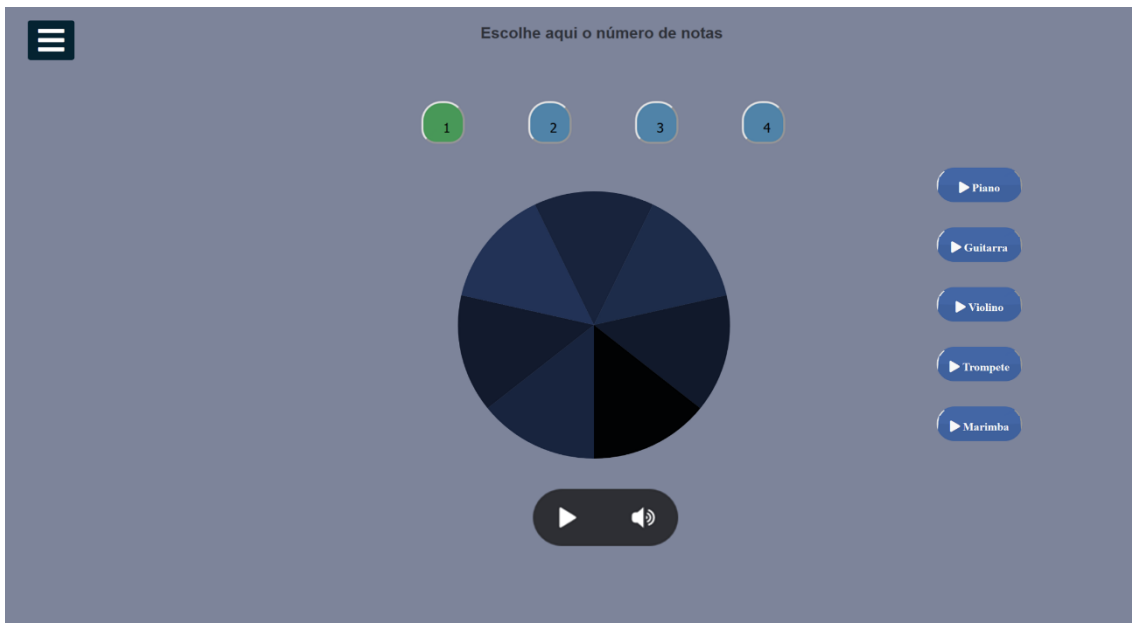


Figura 27: Representação da intensidade da cor na interface (1)

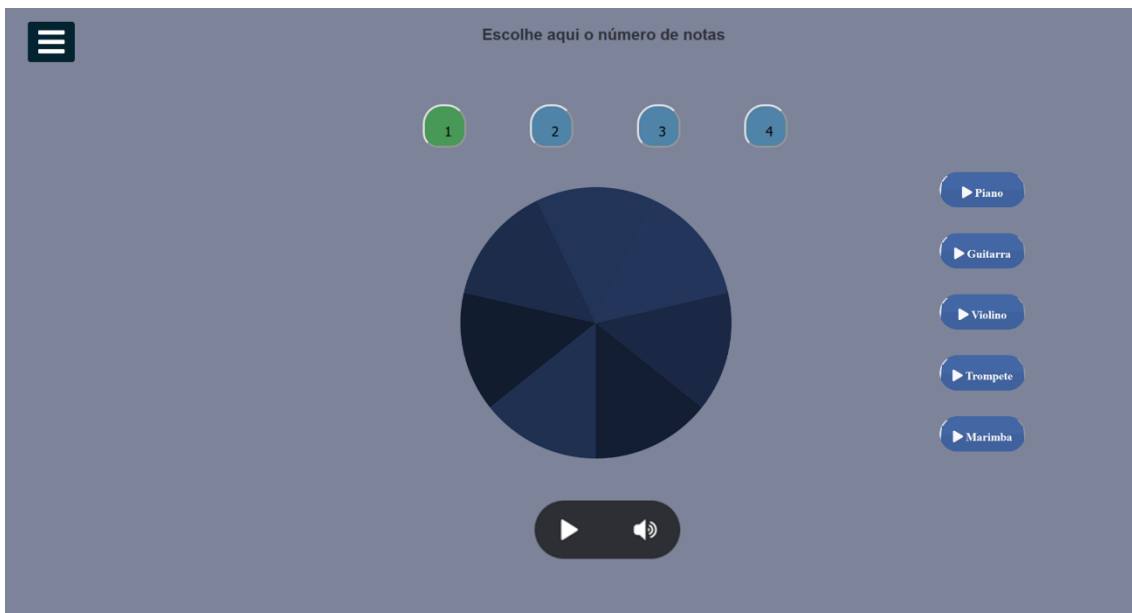


Figura 28: Representação da intensidade da cor na interface (2)

### 3.2.2. Interface

A aplicação WebD'accord apresenta um círculo com sete triângulos interativos que variam a sua cor consoante a harmonia analisada. Esta harmonia provém dos áudios disponíveis previamente analisados e disponíveis para acompanhar.

Em termos de *design* da interface tentou seguir-se uma caracterização simples, intuitiva e apelativa que proporcione uma utilização fácil e eficaz. Neste sentido, na página principal (Figura 29), deparamo-nos com:

- 1) círculo interativo;
- 2) possibilidade de escolher de 1 a 4 notas a serem tocadas;
- 3) botão de *play/pause* e *mute*;
- 4) cinco instrumentos disponíveis para tocar: piano, guitarra, violino, trompete e marimba. Estes instrumentos foram escolhidos para proporcionar diferentes experiências musicais aos alunos e para poderem interagir com instrumentos a que tipicamente não têm acesso numa aula de 1.º ciclo das AEC;
- 5) menu lateral escondido que permite escolher as músicas analisadas e aceder às páginas de “Ajuda” e “Sobre”.

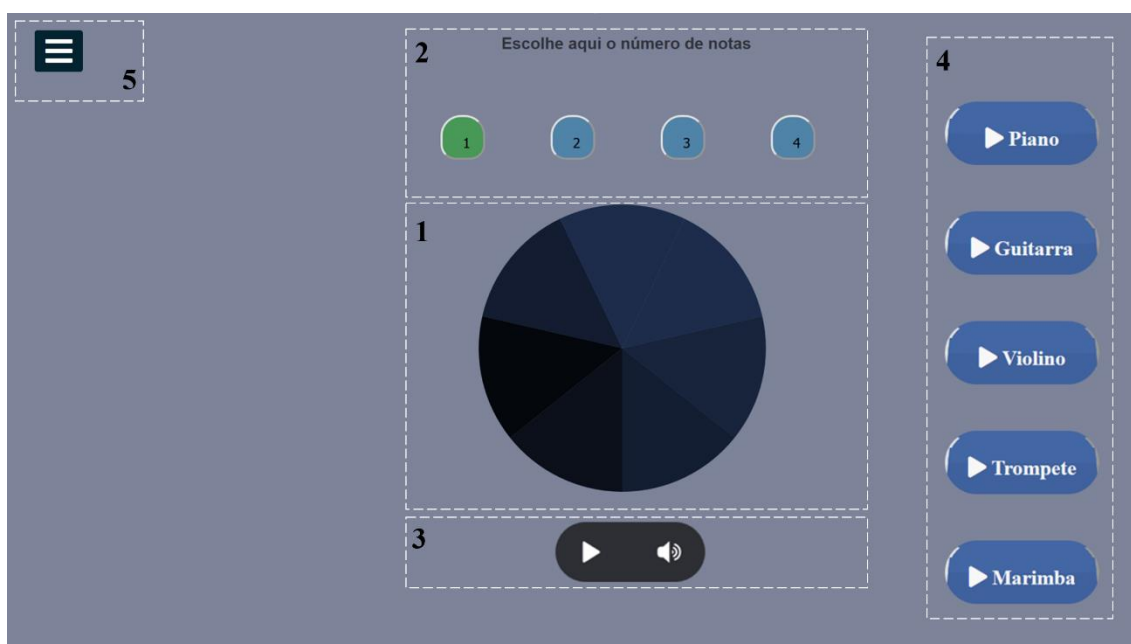


Figura 29: Interface WebD'accord

Para a representação das cores na interface, cada fatia do círculo é mapeada dinamicamente para uma das sete configurações de notas do banco de dados extraído no final da cadeia de processamento da análise do áudio.

A variação temporal destes mapeamentos depende das mudanças harmónicas do áudio analisado. Para esta variação, foi usado um esquema de cores que varia do preto para o azul. Esta gama de cores, representada na Figura 30, foi a melhor possibilidade encontrada para distinguir as diferentes opções, não só dentro do círculo como também no enquadramento deste na página *Web*. Quanto mais próximo do preto, melhor é a compatibilidade harmónica.

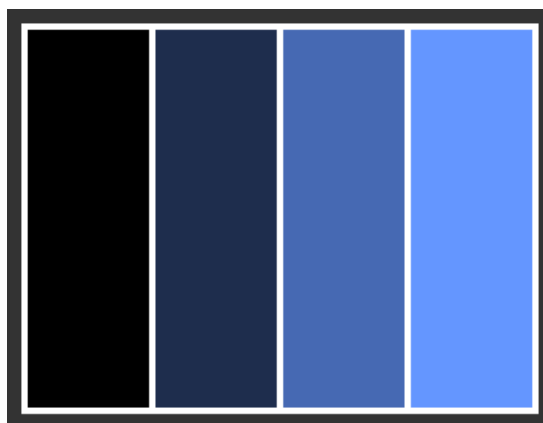


Figura 30: Gama de cores da interface

Em relação aos graus da escala, existe um mapeamento fixo. A localização dos sete graus em cada fatia do círculo, está disposta por proximidade harmônica, ou seja, graus que partilham as mesmas notas, estão mais próximos.

A disposição (Figura 31) também tem que ver com as funções tonais<sup>1</sup>, ou seja, graus que podem substituir sem alterar a função tonal, estão em triângulos adjacentes. A organização circular coloca as melhores possibilidades a serem tocadas a distâncias próximas, ajudando assim o utilizador a reagir de uma forma mais fácil e rápida.

A escolha das notas a tocar, 1 a 4, resulta também da análise previamente feita ao áudio que extrai a melhor possibilidade/combinção de notas a serem tocadas.

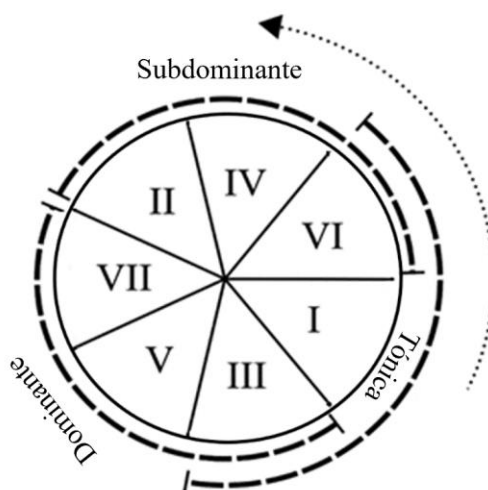


Figura 31: Disposição das funções tonais na interface WebD'accord

<sup>1</sup> “Entende-se por função tonal a propriedade de um determinado acorde, cujo valor expressivo depende da relação com os demais acordes da estrutura harmónica. Esta é determinada pelas relações de todos os acordes com um centro tonal, a tónica. A relação dos acordes com a tónica é chamada tonalidade. Esta é definida pelo conjunto de tónica, subdominante e dominante (...)” (Koellreutter, 2018, p. 24).

### 3.2.3. Músicas e Círculo Interativo

Existem três áudios que foram analisados previamente e estão disponíveis numa barra lateral ocultada (Figura 32).

Estes áudios foram escolhidos por apresentarem progressões harmónicas distintas e terem diferentes variações e complexidade. Por diferentes variações entende-se que os áudios disponíveis apresentem progressões harmónicas diferenciadas, como por exemplo a progressão de um áudio ser I, IV, V, enquanto a progressão de outro áudio seja I, iii, ii, V. Aqui nestas progressões também já se denotam diferentes complexidades, nomeadamente no uso de graus que substituem sem alterar a função tonal, sendo o grau iii substituto do grau V e o grau ii substituto do grau IV. O uso de mais graus e uma progressão harmónica mais extensa também complexifica a dificuldade. O nome de cada exemplo musical foi atribuído pela sensação transmitida pela música, para facilitar a atribuição do nome de identificação.

Após seleção do áudio, a análise previamente feita é carregada e quando o botão de *play* é tocado, as cores do círculo mudam consoante as melhores notas possíveis a serem tocadas, sendo, como anteriormente referido, as cores escuras a melhor possibilidade.

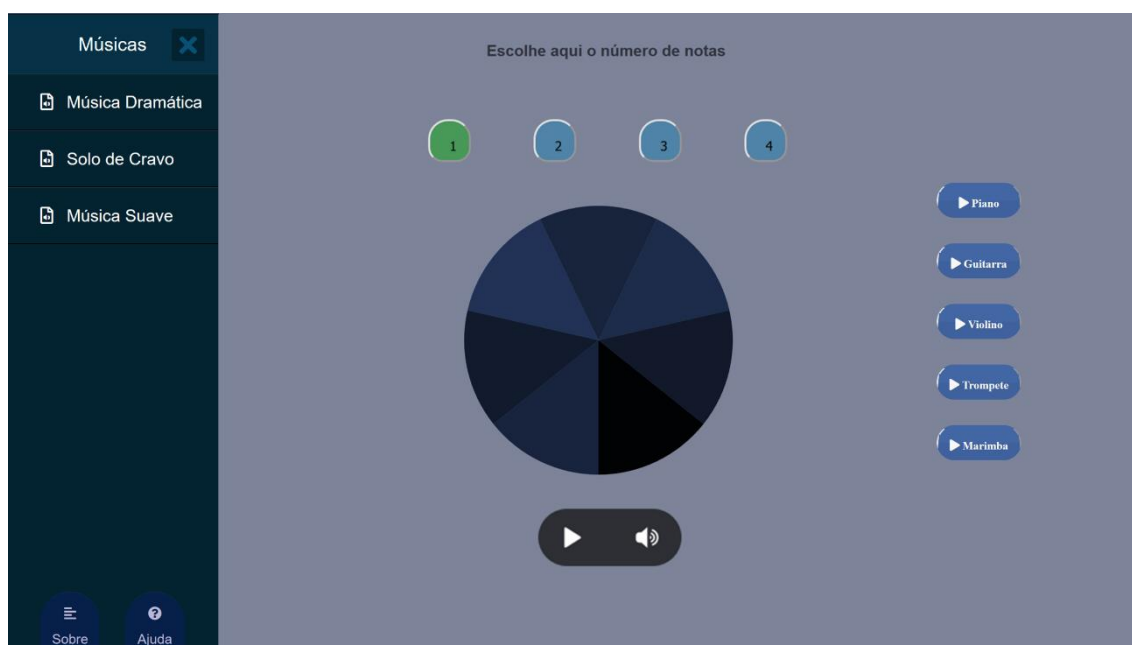


Figura 32: Barra lateral com os áudios e os menus “Sobre” e “Ajuda”

De modo a possibilitar diferentes experiências de interação e dificuldade, foram escolhidos três áudios diferentes, retirados do repositório *Freesound* ([www.freesound.org](http://www.freesound.org)) (Fonseca et al., 2017). A escolha destes áudios deve-se ao facto de serem diferentes entre si, nomeadamente, terem os três diferentes tempos, tonalidades, progressões harmónicas, velocidade harmónica (tempo que demora a variar um acorde) e possibilitarem tanto acompanhamento harmónico como

criação de melodia, proporcionando assim diferentes interações com diferentes níveis de dificuldade.

O áudio “Música Dramática”, tocado por instrumentos de cordas, tem um andamento lento, inicialmente na tonalidade de Fá menor, a cerca de 73 batimentos por minuto (bpm), modulando na parte do fim para a tonalidade de Lá bemol Maior, sendo dos três áudios o que apresenta maior complexidade a nível de dificuldade e na progressão harmónica. Esta progressão apresenta seis graus harmónicos, sendo eles na ordem de progressão: (Fá menor) i, iv, VII, iv, i, v, VII, iv, (Lá bemol Maior) I, IV, I, V, I. Este áudio pode ser acompanhado harmonicamente havendo também a possibilidade de criar uma melodia visto o áudio ser constituído só por harmonia, propiciando a hipótese de criação de uma melodia sobreposta.

O “Solo de Cravo”, que provém do instrumento tocado (cravo), apresenta um tempo de cerca de 73 bpm, mas a sensação de tempo é que seja mais rápido devido ao ritmo apresentado na melodia. Neste áudio, na tonalidade de Dó menor, é possível acompanhar harmonicamente com os diferentes instrumentos disponíveis. A progressão harmónica é mais simples, apresentando apenas os três graus harmónicos das três principais funções harmónicas (tónica, subdominante e dominante): i, iv, v.

O último áudio disponível, “Música Suave”, apresenta uma guitarra na tonalidade de Lá bemol Maior, com andamento a cerca de 105 bpm e com uma progressão harmónica simples: I, ii, ii, V. Pode ser acompanhado harmonicamente podendo também criar uma melodia, mas sendo mais trabalhoso.

Comparando os três áudios de modo a analisar as interações do utilizador ao longo de cada fonte sonora, foi possível constatar que o áudio “Música Dramática” apresenta uma menor quantidade de interações por segundo, seguido de “Música Suave” e por fim “Solo de Cravo”. Tendo em conta que o andamento ao longo de cada áudio é constante, i.e., não apresenta nenhuma mudança de bpm, calculou-se o número de interações tendo em conta o ficheiro extraído da análise de áudio, que contém o tempo a que cada mudança harmónica ocorre, sendo que o total de mudanças harmónicas é dividido pelo tempo total da faixa de áudio. Apesar do áudio “Música Dramática” apresentar maior variação harmónica, o facto de ter menor número de interações acaba por facilitar a interação do utilizador com a interface uma vez que tem mais tempo de resposta entre cada mudança harmónica. Pela mesma ordem de ideias, o áudio “Solo de Cravo” apresenta uma maior dificuldade a este nível sendo compensado pelo facto de ter menos variação harmónica, ou seja, as fatias do círculo para interação vão ser quase sempre as mesmas estando próximas umas das outras. O áudio “Música Suave” será, numa fase inicial, o melhor áudio a ser trabalhado tendo em conta que é intermédio em ambos os parâmetros (variação e interação) em relação aos outros.



### 3.2.4. Ajuda

Para que seja possível retirar alguma dúvida de utilização, existe o menu “Ajuda”, também acessível a partir da barra lateral (Figura 33), que indica a forma de utilização da aplicação passo a passo (Figura 34). Nesta página estão descritos os passos a realizar: abrir o menu lateral ocultado, escolher a música, escolher o número de notas a serem tocadas, selecionar o instrumento, carregar no *play* e tocar no círculo consoante a mudança de cor.

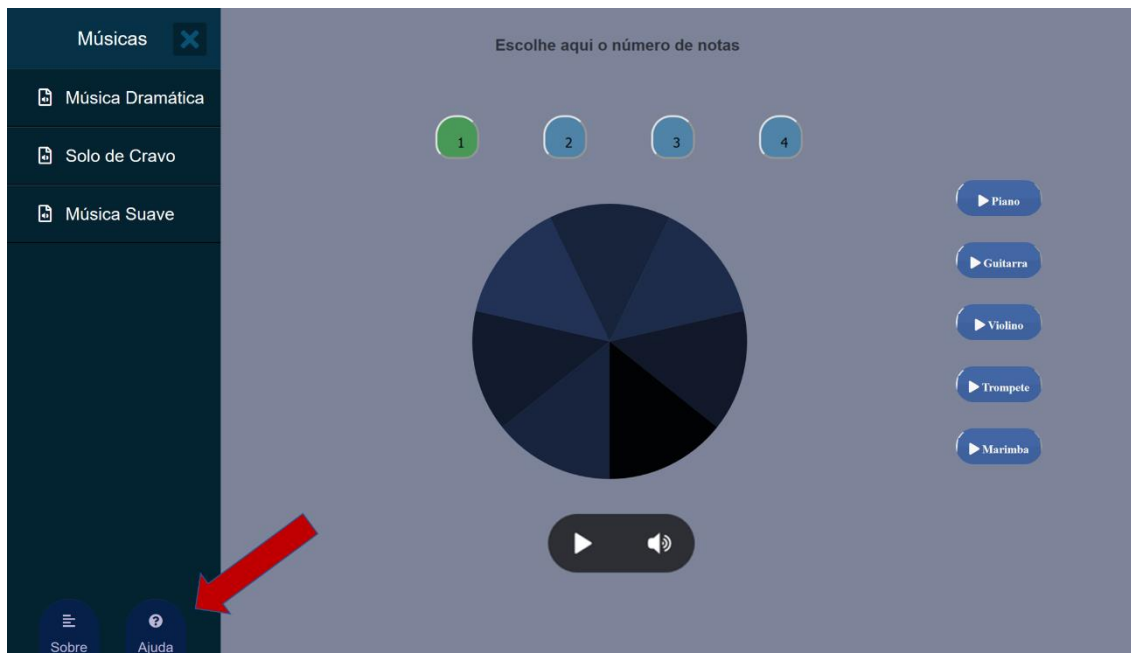


Figura 33: Acesso ao menu "Ajuda" através do menu lateral



Figura 34: Menu “Ajuda”

Também dispõe de *zoom* aquando a passagem do rato por cima da imagem, para facilitar a visibilidade de leitura (Figura 35).

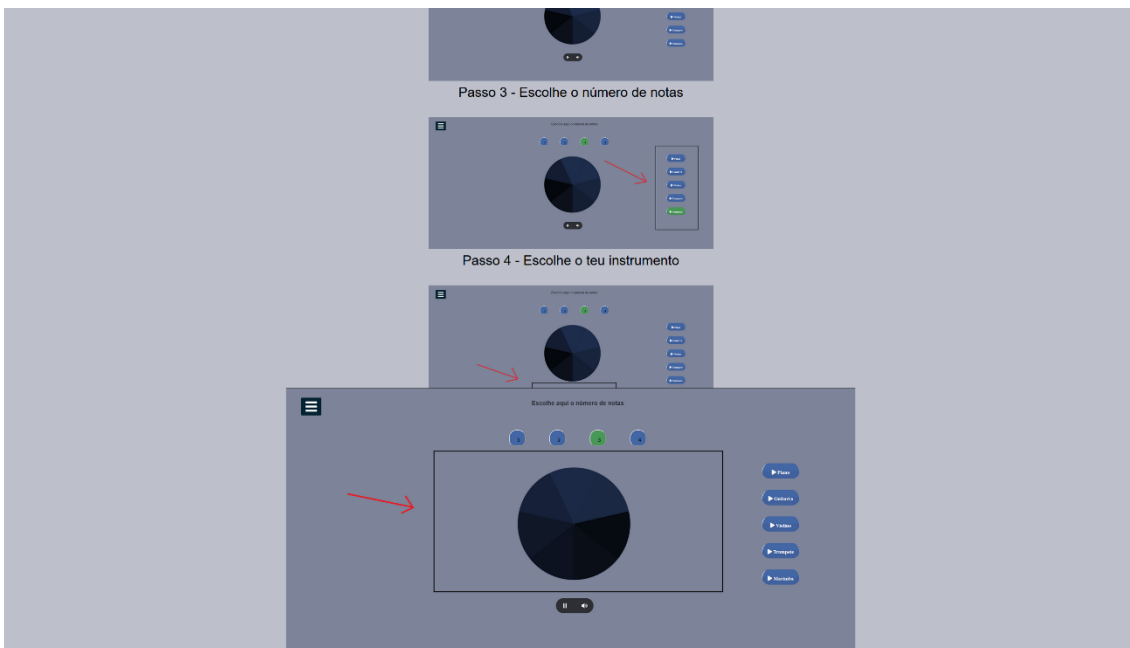


Figura 35: Possibilidade de zoom no menu “Ajuda”

### 3.2.5. Sobre

O terceiro menu é a página “Sobre”, também acessível a partir da barra lateral (Figura 36), que se caracteriza a ela mesma (Figura 37). Contém a informação relevante sobre esta dissertação nomeadamente a contextualização, as possibilidades que apresenta e uma pequena descrição. Tem três links associados que remetem para o projeto D’accord e para o meu *e-mail* e do orientador Gilberto Bernardes.

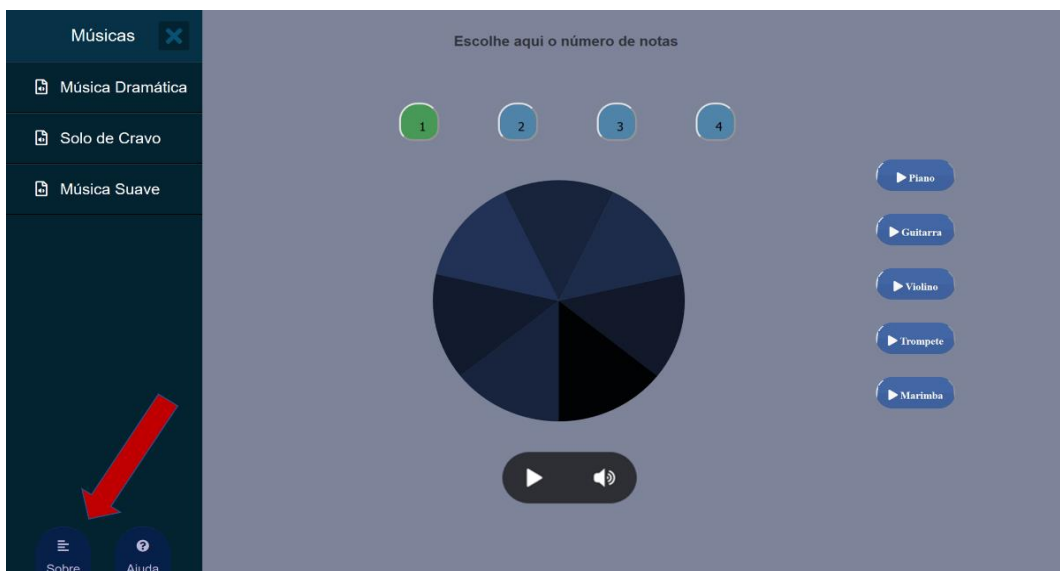


Figura 36: Acesso ao menu "Sobre" através do menu lateral



Figura 37: Menu “Sobre”

## **4. Aplicação WebD’accord em contexto pedagógico**

Como já referido, esta dissertação está associada às AEC da Câmara Municipal de Matosinhos, sendo que o objetivo inicial era testar a aplicação WebD’accord em contexto de sala de aula.

Face à situação atual que vivemos, tornou-se impossível aplicar na íntegra este objetivo. Apesar desta impossibilidade em realizar a avaliação com os alunos, foi estabelecido um plano de aulas, sendo que se elaboraram as planificações das mesmas com a aprendizagem dos conceitos. Este plano consiste em três sessões e procura a aprendizagem dos conceitos tonais melodia, harmonia e instrumentação. Cada sessão tem aproximadamente uma duração de 45 minutos e vai ao encontro das aprendizagens essenciais estabelecidas pelas Oficinas de Música estabelecidas pela Câmara Municipal de Matosinhos.

Para estas sessões o áudio a ser trabalhado seria o “Música Suave”, visto apresentar poucas variações harmónicas (apresenta quatro variações, I, iii, ii, V) e um menor número de interações, como já referido no capítulo 3.2.3. A variação harmónica que apresenta é, de certo modo, compatível com quase todas as fatias do círculo a cada mudança. Auditivamente estas mudanças também são mais perceptíveis, não só pelo som que as cordas da guitarra fazem ao mudar de acorde, mas também porque neste áudio é usada sempre uma nota contínua de cada acorde usado.

### **4.1. Ritmo/Pulsação**

Não sendo estes, ritmo e pulsação, conceitos principais estabelecidos na aprendizagem através da aplicação WebD’accord, estão inerentes no uso da aplicação. Para ser possível interagir com a aplicação é necessário saber quando deve tocar. De modo a alcançar estes conceitos, nesta sessão são realizados exercícios de forma a que os alunos entendam de forma didática quando devem tocar e como. Para tal, os alunos terão a ajuda do professor que indicará, inicialmente quando e que fatia do círculo deverão tocar. Nesta atividade também está associado o conceito de

harmonia, visto os alunos estarem a acompanhar um áudio mesmo que de forma inconsiderada. Do mesmo modo, com o uso de diferentes instrumentos também se encontram a aprender os conceitos de instrumentação e timbre. Estes conceitos abordados enquadram-se nas Oficinas de Música, nomeadamente a Oficina de Computação Musical. Como há aprendizagem de outros conceitos que não estão nesta oficina, houve necessidade de os enquadrar com os conceitos das Aprendizagens Essenciais do Currículo Nacional do Ensino Básico. A Figura 38 apresenta a planificação da sessão de aprendizagem de forma mais detalhada.

<b>Sessão de Aprendizagem 1 – WebD’accord</b>		<b>Público alvo:</b> Alunos 4º ano	<b>Data:</b> A Definir <b>Hora:</b> A Definir <b>Sumário:</b> Apresentação da aplicação; Familiarização com a aplicação; Conceitos de ritmo e pulsação.		
<b>Docente:</b> Cláudio Parauta					
<b>Oficina/ Domínios*</b>	<b>Tema/ Competências</b>	<b>Conceitos/ Conteúdos</b>	<b>Estratégias / Atividades</b>	<b>Tempo</b>	<b>Recursos</b>
<b>Apropriação e Reflexão</b>	Comparar características rítmicas, melódicas, harmónicas, dinâmicas, formais tímbricas e de textura.	- Exploração da plataforma; - Ritmo; - Pulsação;	No início da aula é apresentada a aplicação aos alunos. De modo a entenderem como funciona, será colocado um áudio de uma música que se enquadre e com poucas mudanças harmónicas. Para entender ritmicamente o objetivo e terem uma noção de pulsação, para este áudio tocarão compasso a compassos a fatia do círculo indicada pelo professor, quando este indicar por gesto. Será possível também através de contagem numérica de 1 a 4, tocando no 1. Neste exercício de ambientação com a aplicação e noção rítmica também é possível aplicar o conceito de instrumentação, podendo cada aluno experimentar com outros instrumentos disponíveis. Dependendo de como corre a atividade rítmica, pode-se realizar outra vez a mesma, mas duas “batidas” por compasso, por gesto do professor ou por contagem (1 e 3). No final, em grupos, consoante o número de alunos poder-se-á fazer a mesma atividade, mas com diferentes instrumentos, de modo a ouvirem outros timbres combinados.	Aproximadamente 45 minutos (tempo de duração da aula)	<b>Humanos:</b> - Professor; - Alunos.  <b>Materiais:</b> - <i>Tablet/</i> Telemóvel; - Computador ; - Colunas;
<b>Computação Musical</b>	Improvisação Rítmica - Tocar frases rítmicas de improviso em instrumentos de Percussão; Aliar as improvisações rítmicas a meios tecnológicos.				

\*Junção de Domínios das Aprendizagens Essenciais e das Oficina de Música.

Figura 38: Sessão de aprendizagem (1)

## 4.2. Harmonia

Na seguinte sessão, o conceito principal a ser trabalhado é a harmonia. Para tal, os alunos vão acompanhar um áudio com a ajuda do professor e posteriormente sozinhos.

Após isto, os alunos vão explorar os áudios analisados. Primeiro é demonstrado pelo professor o que se pretende e é feita, em conjunto, a audição do 1.º áudio que vai ser tocado/acompanhado. De seguida os alunos realizam a mesma tarefa para os restantes áudios analisados. Dependendo do tempo e da forma de como correm estas tarefas, no fim podem explorar a aplicação em grupos e realizar outras opções de harmonia disponíveis com a ajuda do professor.

Estes conceitos abordados enquadram-se nas Oficinas de Música, nomeadamente a Oficina de Computação Musical. Como há aprendizagem de outros conceitos que não estão nesta oficina, houve necessidade de os enquadrar com os conceitos das Aprendizagens Essenciais do Currículo Nacional do Ensino Básico.

A Figura 39 apresenta a planificação da sessão de aprendizagem de forma mais detalhada.

<b>Sessão de Aprendizagem 2 – WebD’accord</b>	<b>Público alvo:</b> Alunos 4º ano	<b>Data:</b> A Definir <b>Hora:</b> A Definir <b>Sumário:</b> Exploração da aplicação; Conceitos de ritmo, pulsação, harmonia.
<b>Docente:</b> Cláudio Parauta		

<b>Oficina/ Domínios*</b>	<b>Tema/ Competências</b>	<b>Conceitos/ Conteúdos</b>	<b>Estratégias / Atividades</b>	<b>Tempo</b>	<b>Recursos</b>
<b>Apropriação e Reflexão</b>	Comparar características rítmicas, melódicas, harmónicas, dinâmicas, formais tímbricas e de textura.	- Exploração da plataforma;  - Ritmo;  - Pulsação;  - Harmonia;	Nesta sessão os alunos são dispostos em grupos consoante o número de alunos. Cada um com o seu <i>tablet</i> /telemóvel, é importante que cada um consiga ouvir os seus colegas. É colocado um áudio com um conjunto de progressões simples e que sejam perceptíveis auditivamente. Os alunos fazem as progressões aquando as indicações do professor e depois sozinhos. De seguida, os alunos vão explorar os áudios analisados. Primeiro é demonstrado pelo professor o que se pretende e é feita em conjunto a audição do 1º áudio que vai ser tocado/acompanhado. De seguida os alunos realizam a mesma tarefa para os restantes áudios analisados. Dependendo do tempo e da forma de como corre esta tarefa, no fim podem explorar a aplicação em grupos e realizar outras opções de harmonia disponíveis com a ajuda do professor.	Aproximadamente 45 minutos (tempo de duração da aula)	<b>Humanos:</b> - Professor; - Alunos.  <b>Materiais:</b> - <i>Tablet</i> / Telemóvel; - Computador; - Colunas;
<b>Computação Musical</b>	Improvisação Rítmica - Tocar frases rítmicas de improviso em instrumentos de Percussão; Aliar as improvisações rítmicas a meios tecnológicos.  Improvisação Melódica - Tocar frases melódicas de improviso em diversos instrumentos; Aliar as improvisações melódicas a meios tecnológicos.  Composição - Compor músicas em grande grupo. (Composição de músicas e/ou canções originais, através de ideias.				

\*Junção de Domínios das Aprendizagens Essenciais e das Oficina de Música.

Figura 39: Sessão de aprendizagem (2)

### **4.3. Melodia**

Na terceira sessão, os alunos, com dois instrumentos diferentes virtuais do WebD'accord (por exemplo, trompete e piano) se possível, vão trabalhar o conceito de melodia. À vez e em pequenos grupos, quem tem o instrumento trompete, vai realizar/improvisar uma melodia, enquanto a função dos outros elementos do grupo é manter a harmonia, sendo esta indicação de harmonia dada pelo professor. Caso estas atividades corram bem e haja tempo de aula disponível, os alunos podem realizar a mesma atividade, mas com as suas ideias/progressões e improvisações.

Estes conceitos abordados enquadram-se nas Oficinas de Música, nomeadamente a Oficina de Computação Musical. Como há aprendizagem de outros conceitos que não estão nesta oficina, houve necessidade de os enquadrar com os conceitos das Aprendizagens Essenciais do Currículo Nacional do Ensino Básico.

A Figura 40 apresenta a planificação da sessão de aprendizagem de forma mais detalhada.



<b>Sessão de Avaliação 3 – WebD’accord</b>	<b>Público alvo:</b> Alunos 4º ano	<b>Data:</b> A Definir <b>Hora:</b> A Definir <b>Sumário:</b> Exploração dos áudios analisados na aplicação; Conceitos de ritmo, pulsação, instrumentação, melodia, harmonia e timbre.
<b>Docente:</b> Cláudio Parauta		

<b>Oficina/ Domínios*</b>	<b>Tema/ Competências</b>	<b>Conceitos/ Conteúdos</b>	<b>Estratégias / Atividades</b>	<b>Tempo</b>	<b>Recursos</b>
<b>Apropriação e Reflexão</b>	Comparar características rítmicas, melódicas, harmônicas, dinâmicas, formais tímbricas e de textura.	- Exploração de plataforma; - Instrumentação; - Ritmo;	Nesta sessão os alunos vão explorar o conceito de melodia. Se o resultado da 1ª sessão, de ter diferentes instrumentos em conjunto, for positivo, os alunos devem ter instrumentos diferentes sendo que para atividade o trompete será o instrumento que irá realizar a melodia. À vez e em pequenos grupos, para todos experienciarem, quem tem o trompete vai realizar/improvisar uma melodia. A função dos outros elementos será manter a harmonia. Esta indicação de harmonia é dada pelo professor, sendo que deve ser simples e auditivamente perceptível para os alunos decorarem e perceberem auditivamente o conceito de harmonia e progressão harmônica com cadência perfeita (Aqui é necessário entender o que eles percebem: finalidade, “chegada”, ou outra sensação). Caso estas atividades corram bem e haja tempo de aula disponível, os alunos poderão realizar a mesma atividade, mas com as suas ideias/progressões e improvisações. A aplicação poderá apresentar por cores as melhores notas a serem tocadas.	Aproximadamente 45 minutos (tempo de duração da aula)	<b>Humanos</b> : - Professor; - Alunos.  <b>Materiais</b> : - Tablet/ Telemóvel; - Computador; - Colunas;
<b>Computação Musical</b>	Improvisação Rítmica - Tocar frases rítmicas de improviso em instrumentos de Percussão; Aliar as improvisações rítmicas a meios tecnológicos.  Improvisação Melódica - Tocar frases melódicas de improviso em diversos instrumentos; Aliar as improvisações melódicas a meios tecnológicos.  Composição - Compor músicas em grande grupo. (Composição de músicas e/ou canções originais, através de ideias.	- Pulsação; - Melodia - Harmonia; - Timbre:			

\*Junção de Domínios das Aprendizagens Essenciais e das Oficina de Música.

Figura 40: Sessão de aprendizagem (3)

#### 4.4. Conclusão

Estas sessões foram realizadas para a aprendizagem de conceitos musicais específicos, como a melodia, harmonia e instrumentação. Podemos constatar que há outros conceitos inerentes nestas aprendizagem como o ritmo e a pulsação. Assim como, por exemplo, na primeira sessão os alunos ao realizarem a atividade proposta que incide na aprendizagem rítmica, estão a praticar conceitos de harmonia sem o perceberem. Mais atividades podiam ser estruturadas para a aprendizagem destes conceitos.

O uso da aplicação WebD'accord no meio de ensino possivelmente vai aumentar o interesse dos alunos, visto os meios tecnológicos, como o telemóvel e a *tablet*, não serem usados em sala de aula para aprendizagem. Outro fator importante é os alunos poderem usar este meio de aprendizagem noutra local que não a sala de aula, proporcionando a que os alunos aprendam fora da sala de aula e ao seu próprio ritmo.

# 5. Avaliação, Resultados e Discussão

Devido à pandemia mundial da Covid-19 e às regras impostas pelo Governo Português (Decreto-Lei n.º 14-G/2020, 2020) as perspetivas de avaliação com uma turma do 4.º ano, não puderam ser concretizadas necessitando assim de conceitualizar uma alternativa de avaliação. A alternativa foi realizar uma avaliação heurística da interface da aplicação WebD'accord, tendo como base a proposta de avaliação de Nielsen (Atkins et al., 2011; Nielsen, 1993; Sauro, 2011), havendo necessidade também de adaptar algumas heurísticas que se enquadravam para esta avaliação, como o caso das heurísticas para sistemas *Web* e *e-learning* (Daramola et al., 2017; Oliveira et al., 2003).

## 5.1. Avaliação Heurística

Foi solicitado a quatro avaliadores que avaliassem a aplicação dentro dos parâmetros que serão apresentados posteriormente.

A avaliação heurística foi desenvolvida dentro dos métodos existentes para a avaliação de interfaces tendo sido estabelecidas tarefas para se guiarem nesta avaliação. Aos avaliadores foi enviado um documento, que se encontra na íntegra em anexo, que continha uma descrição do projeto, utilizadores alvo e as estratégias da interface, de forma a enquadrar os avaliadores no projeto. Este documento também continha uma lista de tarefas, *ranking* classificativo dos problemas a serem detetados e a lista de heurísticas a serem consideradas.

Para enquadrar os avaliadores no projeto, fez-se a seguinte introdução com estes dois pontos:

- Objetivos e utilizadores alvo: **WebD'accord** é uma aplicação *Web* para contexto de aprendizagem musical do 1.º ciclo cujo principal objetivo é perceber o desenvolvimento de uma escuta informada no contexto da música tonal, como por exemplo, o domínio de conceitos de melodia, harmonia e instrumentação.

- Estratégias da interface para o objetivo: a aplicação **WebD’accord** guia o utilizador na seleção de potenciais acompanhamentos (melódico e harmónico) de uma faixa musical, em informação MIDI sintetizada em tempo real, ou a partir de sinais de áudio. A sua interface para um ambiente *Web* pretende dar acesso à aplicação por um leque alargado de dispositivos, plataformas, lugares e em diferentes momentos, proporcionando uma alargada ubiquidade e possibilidade de aprendizagem diferenciada.

Na lista de tarefas encontravam-se seis pontos que os avaliadores deveriam seguir. Estas tarefas servem para guiar o avaliador pela aplicação pretendendo-se que este as realize a todas e detete possíveis falhas.

As tarefas designadas para os avaliadores apresentavam a seguinte ordem:

- aceder ao endereço <http://www.webdaccord.epizy.com/index.html> a partir de qualquer dispositivo com acesso à Internet e com um *browser*;
- aceder ao menu lateral “Músicas” e seleccionar uma das músicas disponíveis;
- para cada música verificar se o número de notas disponíveis corresponde ao seu número tocado;
- verificar se a escolha de um instrumento e áudio está funcional, reproduzindo, e as cores do círculo mudam consoante os graus harmónicos;
- a nível de estética (menus, organização, cores) se é adequado para a interface/utilizador;
- se possível, para cada avaliador, verificar se através de outro dispositivo e forma de entrada (*touchscreen* ou rato), tem a mesma performance descrita nos pontos anteriores;

O sistema de *ranking* ajuda na caracterização do problema encontrado, estabelecendo de 0 a 4 a seriedade do erro detetado, sendo 0 uma classificação que não afeta em nada a utilização e 4 um problema catastrófico que impede a aplicação de funcionar corretamente:

- 0 → não considerado um problema de usabilidade;
- 1 → problema de estética, de baixa prioridade, pode ser **resolvido se houver tempo**;
- 2 → pequeno problema de usabilidade, em que a resolução deve ser de **baixa prioridade**;
- 3 → principal problema de usabilidade sendo importante corrigir com **alta prioridade**;
- 4 → catástrofe de usabilidade, **imperativo corrigir!**

A Lista de Heurísticas foi estabelecida com base nas heurísticas de Nielsen, sendo que houve uma necessidade de acrescentar outras heurísticas que se enquadravam nesta avaliação. Com o propósito de identificar problemas de usabilidade e enquadrar as falhas encontradas, foram designadas as seguintes heurísticas:

**H1 - Visibilidade e reconhecimento do estado do sistema:**

O sistema deve manter o utilizador informado, através de *feedback* apropriado dentro de um tempo razoável de onde se encontra e sobre onde se situa.

**H2 - Compatibilidade entre o sistema e o mundo real:**

O sistema deve usar linguagem familiar com o utilizador alvo. A informação deve aparecer de forma natural e lógica.

**H3 - Controlo e liberdade do usuário:**

Por vezes, o utilizador escolhe funções por engano. O sistema deve oferecer uma forma fácil de sair da situação indesejada.

**H4 - Consistência e padrões:**

O sistema deve ser consistente, mantendo as mesmas palavras, situações e ações, para que o utilizador tenha facilidade no seu reconhecimento.

**H5 - Prevenção de erros:**

Evitar que o sistema tenha ações propensas a erros ou que, ao poder haver essa possibilidade, haja uma opção de confirmação antes de o utilizador poder realizar essa ação.

**H6 - Reconhecimento ao invés de memorização:**

O utilizador não deve ter de se lembrar de informação. As instruções para o uso do sistema devem visíveis e de fácil acesso.

**H7 - Flexibilidade e eficiência de uso:**

Deve poder ser usado tanto por utilizadores principiantes como utilizadores avançados, permitindo que cada utilizador possa criar as suas experiências.

**H8 - Projeto estético minimalista:**

O sistema deve incluir apenas a informação necessária para facilitar o seu entendimento. Informação irrelevante ou que raramente é necessária deve ser descartada para não ocupar espaço à informação relevante.

**H9 - Ajuda e documentação:**

Idealmente, o sistema não necessitará de documentação de ajuda. No entanto, caso seja preciso, essa informação deve ser de fácil acesso, focada nas tarefas do utilizador.

**H10 - Qualidade do conteúdo para aprendizagem:**

Avaliação da qualidade do conteúdo instrucional quando comparado com o currículo.

**H11 - Motivação para aprender:**

Avaliação de características inovadoras que estimulam a aprendizagem e pesquisas adicionais promovidas pelo sistema; determinar se existe uma mistura de diversão, aprendizagem e atividades variadas que aumentam a taxa e a qualidade da mesma.

**H12 - Orientação para a aprendizagem:**

Avaliação de quão bem a aplicação torna claro o que deve ser realizado e obtido com o seu uso para o usuário.

**H13 - Aprendizagem personalizada:**

Avaliação de quão bem os alunos podem personalizar a aplicação para se adequar à sua própria estratégia de aprendizagem, a fim de aprender ao seu próprio ritmo.

**H14. Acessibilidade:**

Quão bem os usuários podem aceder prontamente aos recursos do sistema, sem ter problemas técnicos, como erros de hiperligação, programação e poder aceder através de diferentes dispositivos.

Por fim, no documento consta a Tabela 2, a ser preenchida pelos avaliadores. Esta tabela apresenta três pontos principais de avaliação: Problema; Análise; Solução.

Dentro do Problema existem três colunas a preencher. O Identificador serve unicamente para numerar os problemas encontrados. Como o próprio nome indica, a Localização do problema, designa em que parte da aplicação se encontra o problema detetado (pode ser no *display* todo, como no exemplo dado). A coluna Descrição do problema também é autoexplicativa, servindo para caracterizar o problema em si.

Na Análise há também três colunas a preencher. A primeira, heurística não atendida, é para preencher com as heurísticas acima referidas. O problema identificado vai ao encontro das heurísticas apresentadas para avaliar a aplicação. A coluna Frequência do erro serve para identificar quantas vezes é que o erro ocorre. Por exemplo, no exemplo dado na tabela, há falta de indicação de localização em todo o *display* sendo que a frequência deste erro, caracterizado pelo ranking estabelecido anteriormente, corresponde ao nível 3. Na última coluna da Análise, é caracterizada também pelo mesmo *ranking* numérico a Estimativa de seriedade, ou seja, é estimada a gravidade do problema encontrado.

Por último, é solicitado na coluna Solução uma Descrição da proposta de solução, sendo que o avaliador deverá propor uma forma de correção, ou sugestão, para o erro encontrado.

Tabela 2: Tabela de Preenchimento

Problema			Análise			Solução
Identificador	Localização do problema	Descrição do problema	Heurística não atendida	Frequência do erro	Estimativa de seriedade	Descrição da proposta de solução
Ex.: 1	Ex.: Todo o <i>display</i>	Ex.: Falta de indicação de localização	Ex.: H1	Ex.:3	Ex.:3	Ex.: Indicar algures onde o aluno se encontra na página
1						

Obs.: Se necessário acrescentar linhas.

### 5.1.1. Perfil dos Avaliadores

O primeiro avaliador iniciou o seu percurso académico em Educação Musical, tendo inúmeros trabalhos relacionados nesta área e das novas tecnologias. Com Mestrado em Sonologia e Doutoramento em Media Digitais, conta com vários trabalhos relacionados à música eletroacústica, envolvendo media digital e desenvolvimento de *software*.

O segundo avaliador é formado em violino pelo Conservatório de Música de Coimbra, mestre em Multimédia na especialidade de Música Interativa e Design de Som pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e, atualmente aluno do Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação e do Programa Doutoral em Media Digitais pela FEUP. Tem vindo a desenvolver trabalho de investigação no âmbito dos sistemas de música interativa para fins artísticos ou pedagógicos.

O terceiro avaliador, atualmente a frequentar o Programa Doutoral em Música, tem como especialidade o trabalho produzido com música eletrónica, tendo experiência em várias vertentes da criação musical, tanto na arte como no ensino. Conta também com instalações interativas que sustentam o desenvolvimento da criação de obras de música eletrónica em tempo real.

## 5.2. Resultados

Nesta secção são apresentados os resultados das avaliações realizadas (Tabela 3 – 5). É importante salientar que das quatro avaliações pedidas, três foram recebidas. O modelo completo, como já referido no ponto 5.1, encontra-se nos anexos.

## 5.2.1. Avaliação 1

Tabela 3: Avaliação Heurística 1

Problema			Análise			Solução
Identificador	Localização do problema	Descrição do problema	Heurística não atendida	Frequência do erro	Estimativa de seriedade	Descrição da proposta de solução
1	Todo display	Ausência de uma orientação de uso simples e objetivo ao entrar na página	H1	3	3	Ao entrar na página, fazer highlight passo a passo do percurso que normalmente se irá fazer...1- escolher música...2 – escolher número notas...etc...
2	Todo sistema	Especificar diretamente que o utilizador tem de carregar no círculo para ouvir os acordes (só descobri isso ao fim de 20 minutos!)	H1	4	4	Igual à proposta dada em 1
3	Definição do objetivo	Não é claro o que é suposto fazer e, consequentemente, o que vou aprender, quer como professor ou como curioso	H11	3	4	Oferecer exemplos em plataformas como o youtube, quer para professores (como trabalhar com alunos), quer para alunos (como aprendo harmonia com esta ferramenta)
4	Design	Organização dos elementos na página não é muito feliz	H8	1	1	Mudar o tipo de letra e centrar os elementos na página.
5	Design	Não é imediatamente entendido o significado da cor dos círculos	H8	1	1	Colocar uma legenda

Nesta primeira avaliação foram detetados cinco erros, sendo dois deles com estimativa de seriedade 4 e um de nível 3. O problema mais indicado por este avaliador é o facto de o utilizador não ter indicação do que deve fazer com o círculo apresentado quando a aplicação é ligada e o objetivo não estar bem definido.



## 5.2.2. Avaliação 2

Tabela 4: Avaliação Heurística 2

Problema			Análise			Solução
Identificador	Localização do problema	Descrição do problema	Heurística não atendida	Frequência do erro	Estimativa de seriedade	Descrição da proposta de solução
1	Todo o display	Ausência de legendas ou orientação de usabilidade.	H1	3	2	Indicar uma demonstração inicial ou fornecer um “step by step” de forma a tornar claro o funcionamento do sistema.
2	Círculo	Não é perceptível que devo clicar no círculo.	H1	3	3	Maior contraste nas cores de cada “fatia” ou demonstração inicial conforme identificado no ponto anterior.
3	Círculo	Não é responsivo para diferentes interfaces de visualização.	H1	3	2	Agrupar ao ícone de play.
4	Círculo	Ausência de legenda que identifica as cores de cada fatia do círculo de forma a que seja entendido pelo utilizador o grande objetivo do sistema.	H2	3	1	Legendar cada cor, por exemplo, a tônica seria a cor mais escura.
5	Todo o sistema	Nada a acrescentar.	H3	0	0	NA, pois em todo o momento é possível parar e repetir.
6	Todo o sistema	NA.	H4	0	0	NA.
7	Interface	Não existe prevenção de erros, contudo é sempre possível parar e retificar.	H5	0	0	NA.
8	Todo o sistema	NA.	H6	0	0	NA.
9	Círculo	É eficiente para qualquer utilizador, contudo não é tão flexível para iniciantes sem legendas ou	H7	3	1	Aparecer a ação do utilizador numa partitura, algo como composição em tempo real, seria interessante para a aprendizagem de qualquer utilizador.

		demonstração inicial.					
0	1	Todo o sistema	NA.	H8	0	0	NA.
1	1	Todo o sistema	NA.	H9	0	0	NA.
2	1	Círculo	Ausência de demonstração de resultado em partitura.	H10	3	1	A mesma sugestão do ponto 9.
3	1	Seleção de músicas	Número reduzido de músicas. Ao fim de vários experimentos não motiva a aprendizagem.	H11	3	1	Aumentar o número de exemplos de músicas e de instrumentos, bem como combinar diferentes instrumentos.
4	1	Círculo	NA.	H12	0	0	NA.
5	1	Todo o sistema	A aprendizagem não é personalizada para diferentes utilizadores com maior ou menor conhecimento.	H13	3	1	Inserir desafios ou níveis onde se poderiam combinar instrumentos, aumentar o grau de dificuldade ou fornecer um pequeno jogo, poderia aumentar também a motivação referida na H11.
6	1	Todo o sistema	NA.	H14	0	0	NA.

Este avaliador preferiu identificar todas as heurísticas mesmo que não fosse encontrado nenhum erro. Desta avaliação resultam oito erros, tendo apenas um deles estimativa de seriedade 3 e outros dois erros de estimativa de seriedade 2. A principal falha apontada é direccionada para o círculo, não sendo este perceptível.

### 5.2.3. Avaliação 3

Tabela 5: Avaliação Heurística 3

Problema			Análise			Solução
Identificador	Localização do problema	Descrição do problema	Heurística não atendida	Frequência do erro	Estimativa de seriedade	Descrição da proposta de solução
1	Nome dos instrumentos + Botão Play / Som	Utilizei dois browsers para testar a aplicação. No Chrome não tive problema nenhum. No entanto, no Safari os nomes dos instrumentos não aparecem - sem ter a experiência do site, apenas se vêem botões que não se sabe para que servem. O botão do som simplesmente não aparece - apenas o play.	H14	3	3	Ajustar programação para ficar mais "responsive" a diferentes cenários.
2	Heptágono	Após ler o "Sobre", compreendi que quanto mais escura a nota, mais "adequada" será. A percepção inicial foi a oposta, sendo que automaticamente associei cores mais escuras a cores "más", e as mais claras a "boas".	H1	1	1	Tornar imediata a indicação que escuro -> bom, ou utilizar um gradiente entre cores mais automático à percepção (Vermelho - Verde?)

Este avaliador refere dois problemas, sendo eles relativos à experiência do utilizador em diferentes navegadores e ao círculo. Estes dois problemas têm estimativa de seriedade 3 e 1, respetivamente.

### 5.3. Discussão

Após a análise das avaliações pode-se constatar que a maioria dos erros detetados se enquadram na heurística 1 (Visibilidade e reconhecimento do estado do sistema). Também é visível que mais de metade dos erros identificados são de estimativa de seriedade 1, ou seja, problemas de estética, de baixa prioridade, podem ser resolvidos se houver tempo.

Na Figura 41 podemos observar em que heurísticas os erros foram detetados e o número de erros.

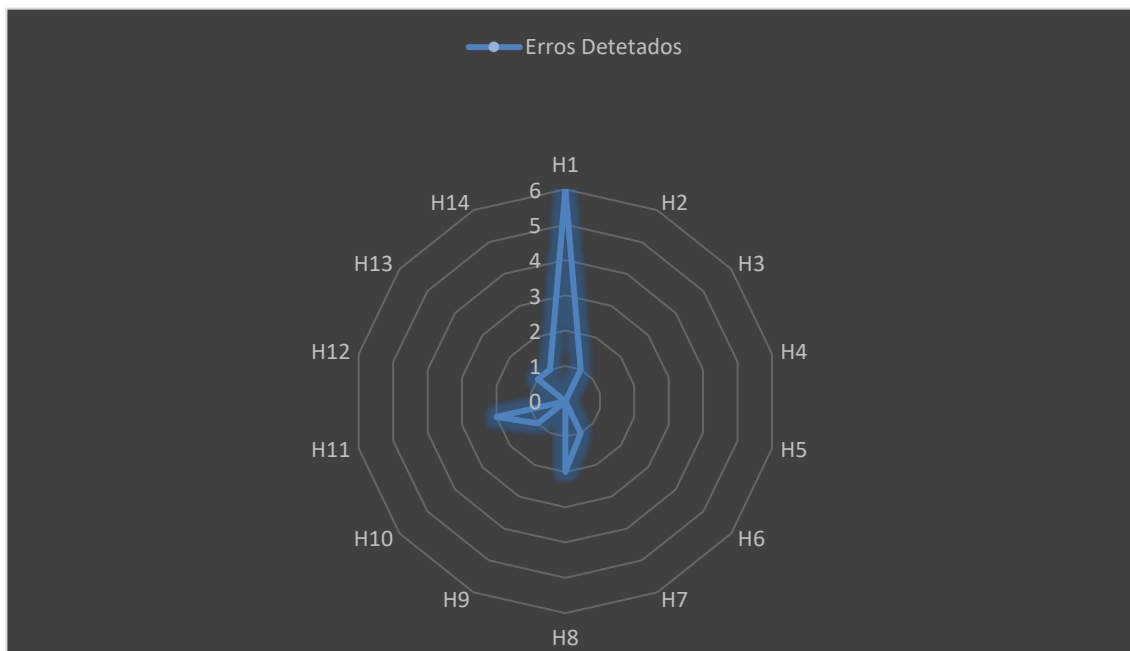


Figura 41: Erros detetados na avaliação heurística

Na Figura 42 é apresentado, para cada heurística em que foi detetado um problema, a estimativa de seriedade identificada pelo avaliador.

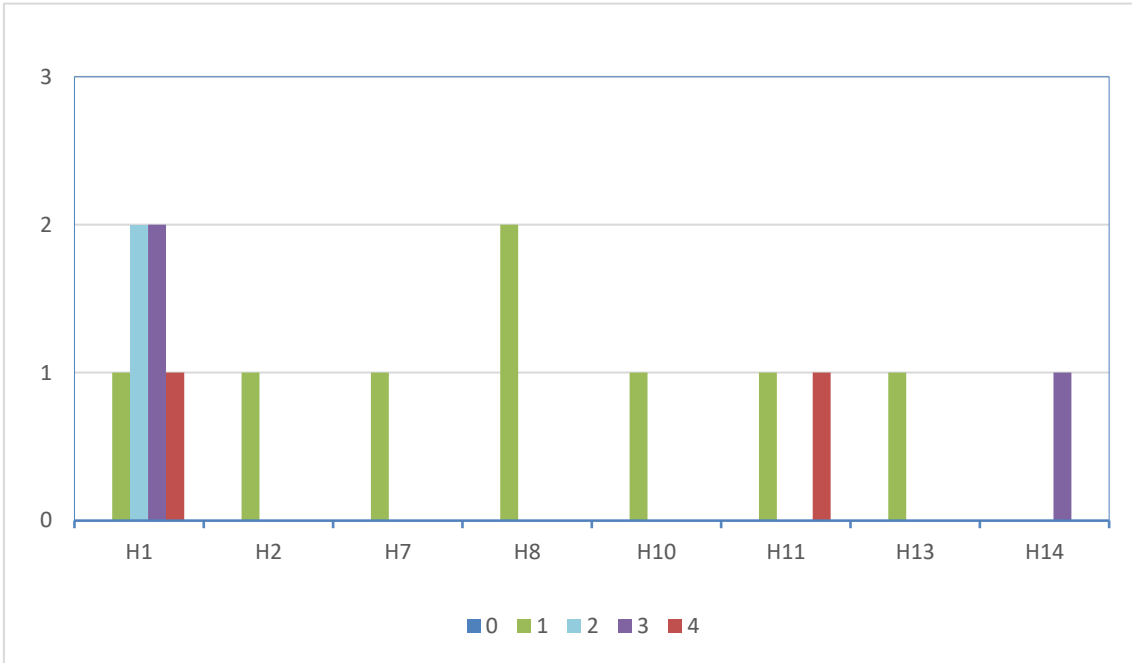


Figura 42: Estimativa de seriedade para cada heurística

A Figura 43 apresenta os erros detetados por percentagem, em cada estimativa de seriedade.

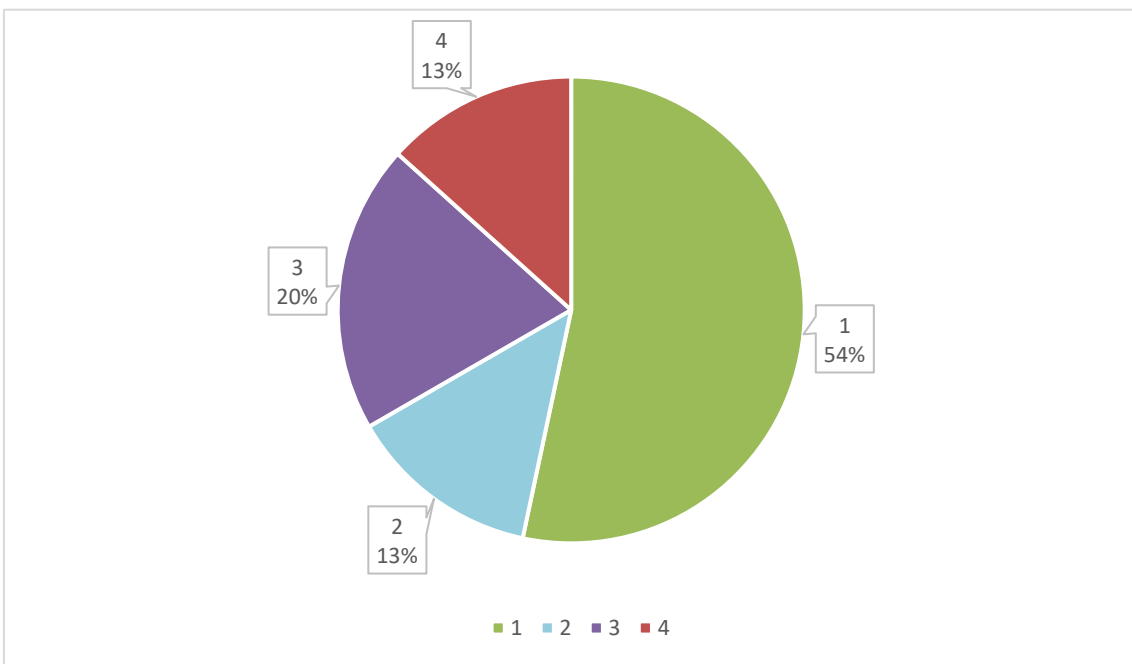


Figura 43: Total de erros detetados em cada estimativa de seriedade

Na heurística 1 (Visibilidade e reconhecimento do estado do sistema), os avaliadores descrevem problemas como ausência de orientação e objetivo quando se entra na página, e ausência de identificação que o utilizador deve interagir com o círculo. A localização destes problemas é em todo o *display* e no círculo, respetivamente. Um avaliador refere que inicialmente, antes de ler a página “Sobre”, a perceção inicial era de que as cores mais claras seriam a melhor opção a ser tocada, quando o projeto refere o contrário. A estimativa de seriedade encontrada nesta heurística varia entre 1 e 4, havendo uma de seriedade 1, duas de seriedade 2 e 3 e uma de seriedade 4.

Para a heurística 2 (Compatibilidade entre o sistema e o mundo real) é apresentado um erro, sendo novamente no círculo. Este problema de estimativa de seriedade 1 é descrito com a ausência de identificação relativamente a cada cor da fatia do círculo para o utilizador entender o objetivo do sistema.

A heurística 7 (Flexibilidade e eficiência de uso) com estimativa de seriedade 1, vai ao encontro do descrito no parágrafo anterior: a falta de identificação torna a aplicação menos flexível para iniciantes.

Os problemas detetados na heurística 8 (Projeto estético minimalista) são considerados pelos avaliadores com estimativa de seriedade 1, estando a falha na organização dos elementos na página e na ausência de uma explicação do significado da cor dos círculos.

Na heurística 10 (Qualidade do conteúdo para aprendizagem) é detetado um problema de estimativa de seriedade 1. Este problema é descrito como a ausência de uma demonstração visual, em partitura, do que é tocado no círculo.

A heurística 11 (Motivação para aprender), é considerado por um avaliador com estimativa de seriedade 4 e por outro com 1, sendo que cada um apontou problemas diferentes. O primeiro avaliador mencionado refere que não é claro o que o utilizador deve fazer nem o que é aprendido na interação com a aplicação, seja professor ou aluno. O segundo avaliador, menciona que a disponibilização de poucos áudios não motiva a aprendizagem.

A heurística 13 (Aprendizagem personalizada) não é concretizável visto a aprendizagem não ser personalizada para diferentes utilizadores ao nível de conhecimento. Este problema é classificado com estimativa de seriedade 1.

Por fim, na heurística 14 (Acessibilidade) um avaliador refere que ao utilizar um navegador diferente para a mesma experiência, há elementos do *display* que desaparecem.

Como já referido, a maioria dos problemas detetados (cerca de 54%) são de estimativa de seriedade 1, significando isto que são considerados problemas menores, de estética, que podem ser resolvidos se houver tempo. Havendo tempo, creio que alguns dos problemas detetados, como ter cores que sejam indicativas de uma melhor escolha de cada fatia do círculo (como vermelho e verde) e organização dos elementos na página, as soluções (respetivamente) seriam inverter as cores que estão ou mudar para vermelho e verde, e centrar os elementos e mudar o tipo de letra.

Em relação ao significado das cores e ausência de legendas ou demonstração inicial, a solução passaria por definir a página “Ajuda” como sendo a página principal da aplicação, e acrescentar conteúdos mais explicativos, tais como vídeos. É referido também o problema de um número reduzido de músicas, sendo resolvido com a adição de mais exemplos. São ainda referidos mais dois problemas: um relativo à questão da aprendizagem para diferentes utilizadores e outro para a ausência de demonstração de resultado em partitura. Para o primeiro, teria de ser estudada a possibilidade de incluir desafios ou níveis na aplicação e até que ponto iria resultar. Talvez com vídeos explicativos fosse possível resolver as dificuldades, visto os áudios disponíveis já apresentarem diferentes níveis de dificuldade. Para o segundo, é um problema/sugestão a ter em conta para trabalho futuro.

Em relação aos problemas detetados como mais graves, com estimativa de seriedade 4, considerado imperativo corrigir, é possível resolver. Os avaliadores referem que deve haver uma indicação para interagir com o círculo e que não é claro o que o utilizador deve fazer nem o que é aprendido na interação com a aplicação. Para os dois problemas, uma solução é definir a página “Ajuda” como sendo a página principal da aplicação. Desta forma, ao entrar na página, é logo apresentado o propósito da aplicação e a forma como deverão interagir e usufruir.

A mesma solução é possível para resolver dois dos três problemas detetados com estimativa de seriedade 3, sendo eles a ausência de uma orientação de uso e objetivo, e a ausência de identificação de que o utilizador deve interagir com o círculo. Para o outro problema detetado, a ausência de elementos da interface noutra navegador, a solução passaria por rever o código de modo a detetar o possível erro que faz isto acontecer, ou reescrever.

Para os problemas detetados com estimativa de seriedade 2, a ausência de legendas de orientação de usabilidade e o facto de não ser responsivo para diferentes interfaces de visualização, julgo que novamente a solução acima referida (colocar a página “Ajuda” como página principal) poderá resolver o primeiro problema mencionado. Relativamente ao segundo, creio que poderá ser um erro de programação necessitando que seja revisto, podendo ou não ser de resolução simples.

Como referido acima, a solução encontrada e realizada para melhorar os erros detetados, nomeadamente: a falta de indicação para interagir com o círculo; a falta de clareza na tarefa a realizar pelo utilizador; a ausência de uma orientação de uso e objetivo; ausência de significado das cores e de legendas ou demonstração inicial; consistiu na alteração da página principal da aplicação WebD’accord, passando esta a ser a página “Ajuda”. Quando o utilizador aceder à página da aplicação, encontrará logo toda a informação de usabilidade da mesma, sendo que também foi incorporado um vídeo que demonstra a navegação no *site* e interação com a interface. Em relação ao outro problema do círculo, as cores, estas foram invertidas, ficando em tons de azul, sendo o mais claro a melhor opção possível a ser tocada.

Tendo em conta o que até aqui foi mencionado nestes resultados da avaliação heurística, creio que é necessário rever a parte da programação *Web* da aplicação WebD'accord para corrigir os erros mencionados que não foram corrigidos, como a centralização de elementos na página e a ausência de elementos, visto não ocorrer em todos os navegadores. A maior falha apontada é ao círculo interativo e neste caso, terei de repensar a melhor maneira de o apresentar, sendo a tarefa mais difícil de modificar.



## 6. Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo é apresentado um resumo do trabalho, as conclusões e propostas de trabalho futuro.

### 6.1. Conclusões

Este projeto de dissertação, trabalhado durante este ano letivo, consistiu na criação de uma aplicação *Web* que proporcionasse a aprendizagem musical de princípios tonais, tendo como objetivo principal expandir o leque de ferramentas pedagógicas para o ensino da música no 1.º ciclo. Esta aprendizagem consiste no desenvolvimento de conceitos de melodia, harmonia e instrumentação, sendo que também estão inerentes os conceitos de ritmo, pulsação e timbre. Para além do objetivo principal existiam outros que aprimoravam esta dissertação. No entanto, devido à pandemia mundial que nos confinou, estes objetivos e metodologias tiveram de ser adaptados e/ou reformulados.

A aplicação foi desenvolvida em contexto *Web* recorrendo às ferramentas de desenvolvimento *Web* como JavaScript e HTML. A base para este projeto é a aplicação D'accord que permite ter áudios previamente analisados, que são um ponto de extrema importância para o WebD'accord. A interface inclui um círculo interativo dividido em sete partes coloridas onde é possível tocar com diferentes instrumentos. As cores vão sendo alteradas consoante a melhor possibilidade a ser tocada, devendo o utilizador seguir as cores mais claras. Também é possível escolher o número de notas a serem tocadas de cada vez, entre 1 e 4 possibilidades (p. ex. tríades). De modo a facilitar a usabilidade dos utilizadores, esta aplicação apresenta uma página de ajuda onde é descrito passo a passo como usar a aplicação. Existe ainda outra página que contextualiza o projeto, denominada "Sobre".

Inicialmente, a aplicação WebD'accord era para ser testada em contexto pedagógico, numa turma de 25 alunos do 4.º ano, em parceria com a Câmara Municipal de Matosinhos. Uma vez que não foi possível testar e avaliar a aplicação em contexto pedagógico procedeu-se à realização de uma avaliação heurística. Esta avaliação definiu alguns problemas de usabilidade, sendo que a maioria foram problemas menores a nível de estética, podendo alguns ser resolvidos de

imediatamente. A maior falha apontada é com o círculo interativo, uma vez que os avaliadores não acharam perceptível o modo de utilização e interação. Neste caso, terá de ser repensada a melhor maneira de o apresentar. Outra falha indicada relativamente ao círculo é a ausência de uma legenda que ajude no entendimento do círculo, no sentido do utilizador poder visualizar o que está a ocorrer a cada interação, como uma partitura. Um problema adicional, é o facto da aplicação apresentar problemas de *display* aquando usado em dispositivos móveis e outro navegador. Este é um problema de programação, necessitando apenas, a meu ver, de mais tempo para o retificar.

Na realização deste projeto surgiram várias dificuldades, nomeadamente: a nível de programação, uma vez que este foi o meu primeiro contacto com as ferramentas de desenvolvimento *Web*, e a necessidade de ter de realizar alterações no projeto num curto espaço de tempo devido à situação mundialmente vivida.

Apesar destas dificuldades, a avaliação heurística permitiu avaliar positivamente esta aplicação, visto não haver indicações de problemas que inviabilizem a aprendizagem musical de princípios tonais o que compreende que o D'accord pode contribuir na aprendizagem de conhecimentos musicais.

## 6.2. Trabalho Futuro

Para além das alterações às problemáticas previamente referidas, seria importante realizar a avaliação pedagógica de modo a verificar a sua utilidade em contexto pedagógico.

A possibilidade de apresentar uma partitura aquando a interação do utilizador com o círculo seria útil para aprender composição tendo a escrita das sugestões harmónicas e melódicas.

Seria também interessante realizar a análise de áudio no navegador, podendo os utilizadores inserirem um áudio à sua escolha sendo analisado em tempo real.

Outro potencial trabalho futuro seria a interação entre múltiplos dispositivos, assumindo um papel diferenciado dentro da instrumentação.

Um aspeto que é preciso investigar qual a melhor maneira de representação é as cores do círculo visto requerer um estudo mais aprofundado com diferentes paletes de cores.

Julgo que há um potencial enorme nesta aplicação e seria interessante explorá-la. A criação de sessões de atividades apresenta um enorme potencial, deixando a criatividade à disposição de cada docente.

## 7. Referências

- Addressi, A. R., Pachet, F., & Caterina, R. (2004). *Children Confronting an Interactive Musical System*.
- Atkins, N., Bennett, L., Domit, B., & Jones, J. (2011). *Heuristic Evaluation*.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-410391-7.00001-4>
- Bernardes, G., Cocharro, D., Caetano, M., Guedes, C., & Davies, M. E. P. (2016). A multi-level tonal interval space for modelling pitch relatedness and musical consonance. *Journal of New Music Research*, 45(4), 281–294.  
<https://doi.org/10.1080/09298215.2016.1182192>
- Bernardes, G., Cocharro, D., Guedes, C., & Davies, M. E. P. (2017). Harmony Generation Driven by a Perceptually Motivated Tonal Interval Space. *Computers in Entertainment*, 14(2), 1–21. <https://doi.org/10.1145/2991145>
- Bernardes, G., Davies, M. E. P., & Guedes, C. (2017). Automatic musical key estimation with adaptive mode bias. *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 1, 316–320.  
<https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952169>
- Berners-Lee, T., & Connolly, D. (1995). *Hypertext Markup Language - 2.0*.  
<https://tools.ietf.org/html/rfc1866>
- Blanco, E., & Silva, B. (1993). TECNOLOGIA EDUCATIVA EM PORTUGAL: CONCEITO, ORIGENS, EVOLUÇÃO, ÁREAS DE INTERVENÇÃO E INVESTIGAÇÃO. *Revista Portuguesa de Educação*, 37–55. <https://doi.org/1822/521>
- Câmara Municipal de Matosinhos. (2013). *Atividades de Enriquecimento Curricular*.  
[https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news\\_id=2494](https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news_id=2494)
- Câmara Municipal de Matosinhos. (2018a). *Ano letivo cheio de novidades nas AEC*.  
[https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news\\_id=5760](https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news_id=5760)
- Câmara Municipal de Matosinhos. (2018b). *Atividades de Enriquecimento Curricular*.

[https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news\\_id=5384](https://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news_id=5384)

- Câmara Municipal de Matosinhos. (2019). *Oficinas de Música*. Câmara Municipal Matosinhos.
- Carneiro, H. F. G. (2014). *A INTEGRAÇÃO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS NA DISCIPLINA DE FORMAÇÃO MUSICAL: UMA NOVA ABORDAGEM ÀS ATIVIDADES DE TRANSCRIÇÃO E DE LEITURA MELÓDICA* [Universidade Católica Portuguesa]. <https://doi.org/10400.14/15897>
- Daramola, O., Oladipupo, O., Afolabi, I., & Olopade, A. (2017). Heuristic evaluation of an institutional E-learning system: A Nigerian case. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(3), 26–42. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i03.6083>
- Dias, R. M. S. S. (2018). *Interfacing Jazz: A Study in Computer-Mediated Jazz Music Creation and Performance* [Faculdade de Engenharia do Porto]. <https://doi.org/10400.11/6352>
- Direção-Geral da Educação - DGE. (n.d.). *AEC - Atividades de Enriquecimento Curricular*. Retrieved February 7, 2020, from <https://www.dge.mec.pt/aec-atividades-de-enriquecimento-curricular>
- Direção-Geral da Educação - DGE. (2018). *EDUCAÇÃO ARTÍSTICA - MÚSICA*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto\\_Autonomia\\_e\\_Flexibilidade/ae\\_1oc\\_musica\\_0.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/ae_1oc_musica_0.pdf)
- Drummond, J. (2009). Understanding interactive systems. *Organised Sound*, 14(2), 124–133. <https://doi.org/10.1017/S1355771809000235>
- EarMaster ApS. (n.d.). *EarMaster*. Retrieved January 31, 2020, from <https://www.earmaster.com/>
- Figueiredo, M., Godejord, B., & Rodrigues, J. (2016). THE DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE MATHEMATICS APP FOR MOBILE LEARNING. *12th International Conference Mobile Learning 2016*, 75–81. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED571452.pdf>
- Filipe, M., Salame, A., & Edson, F. (2008). *SiAEM: Uma ferramenta web de auxílio à educação musical*. 1–12. <http://compmus.ime.usp.br/sbcm/2011/papers/sbcm-paper-2011-2.pdf>
- Fonseca, E., Pons, J., Favory, X., Font, F., Bogdanov, D., Ferraro, A., Oramas, S., Porter, A., & Serra, X. (2017). Freesound datasets: A platform for the creation of open audio datasets. *Proceedings of the 18th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2017*, 486–493. [https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/33299/fonseca\\_ismir17\\_freesoun](https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/33299/fonseca_ismir17_freesoun)

d.pdf

- Free Software Foundation. (n.d.). *GNU*. Retrieved January 31, 2020, from <https://www.gnu.org/software/solfege/>
- Google. (n.d.). *musiclab.chromeexperiments*. Retrieved February 6, 2020, from <https://musiclab.chromeexperiments.com/Experiments>
- Google. (2009). *experiments.withgoogle*. <https://experiments.withgoogle.com/collection/chrome>
- Gotardo, R. A. (2015). *Linguagem de Programação I* (1.ª Edição). SESES.
- Guerra, A. (2011). Sistemas Musicais Interativos: Metáforas e Métodos. *XXI Congresso Da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação Em Música*, 8. [https://www.academia.edu/870892/Sistemas\\_Musicais\\_Interativos\\_Metáforas\\_e\\_Métodos](https://www.academia.edu/870892/Sistemas_Musicais_Interativos_Metáforas_e_Métodos)
- Hyde, A. (2006). *write.flossmanuals*. <http://write.flossmanuals.net/pure-data/introduction2/>
- Koellreutter, H.-J. (2018). *Harmonia Funcional: Introdução à teoria das funções harmônicas* (UFSJ & Fundação Koellreutter (Eds.)). UFSJ | Fundação Koellreutter.
- Martins, M. Z. (2005). *Sistemas Musicais Interativos*. <https://www.ime.usp.br/~leliane/MAC5701/2005-1oSem/PlanosMonografias/Mariana.pdf>
- Mateiro, T., & Ilari, B. (2012). *Pedagogias em Educação Musical* (1.ª). Editora intersaberes.
- McCarthy, L., Reas, C., & Fry, B. (2015). *Make: Getting Started with p5.js* (A. K. France (Ed.); 1.ª). Maker Media.
- Miletto, E., Costalonga, L., Flores, L., Fritsch, E., Pimenta, M., & Vicari, R. (2004). Educação Musical Auxiliada por Computador: Algumas Considerações e Experiências. *Renote - Revista Novas Tecnologias Na Educação*, 2(1). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13668>
- Murray-Browne, T. (2012). Interactive music : Balancing creative freedom with musical development [Queen Mary University of London]. In *Thesis* (Issue October). [https://isam.eecs.qmul.ac.uk/projects/impossible\\_alone/phd-thesis.pdf](https://isam.eecs.qmul.ac.uk/projects/impossible_alone/phd-thesis.pdf)
- musictheory.net. (n.d.). *musictheory*. Retrieved January 31, 2020, from <https://www.musictheory.net/>
- Ng, S. C., Lui, A. K., & Lo, W. S. (2013). An Interactive Mobile Application for Learning Music Effectively. *Communications in Computer and Information Science*, 407, 148–157. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-45272-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-45272-7_14)
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Oliveira, R., Diniz, S., & Barbosa, J. (2003). *Avaliação de Interfaces de Usuário - Conceitos e*

*Métodos.*

[https://www.researchgate.net/publication/242691294\\_Avaliacao\\_de\\_Interfaces\\_de\\_Usuario\\_-\\_Conceitos\\_e\\_Metodos](https://www.researchgate.net/publication/242691294_Avaliacao_de_Interfaces_de_Usuario_-_Conceitos_e_Metodos)

- Pessoa, M., Parauta, C., Luís, P., Corintha, I., & Bernardes, G. (2020). Examining Temporal Trends and Design Goals of Digital Music Instruments for Education in NIME : A Proposed Taxonomy. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 5.
- Pinheiro, C. M. da S. (2010). *Gestão da Aprendizagem: Controlo através de Software de Gestão de Salas de Aula* [Faculdade de Engenharia do Porto]. <https://doi.org/10216/58852>
- Portela, F., & Queirós, R. (2018). *Introdução ao Desenvolvimento Moderno para Web* (FCA (Ed.); 1ª). FCA.
- Portugal Multimedia. (n.d.). *portugalmultimedia*. Retrieved February 7, 2020, from <https://portugalmultimedia.pt/musica-seis-aplicacao-educacao-musical/>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007, Diário da República n.º 180/2007, Série I de 2007-09-18 6563 (2007).
- Decreto-Lei n.º 14-G/2020, Diário da República n.º 72/2020, 2º Suplemento, Série I de 2020-04-13 86 (2020). <https://dre.pt/application/file/a/131390247>
- Puckette, M. (1996). Pure Data : another integrated computer music environment. *Proceedings, International Computer Music Conference*, 37–41.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.41.3903>
- Raimundo, A. (2011). As Novas Tecnologias no Processo Ensino / Aprendizagem da Educação Musical – Breve Reflexão. *Profforma*, 2(2), 6.
- Ramires, A., Bernardes, G., Davies, M. E. P., & Serra, X. (2020). TIV.Lib: An Open-Source Library for the Tonal Description of Musical Audio. *International Conference on Digital Audio Effects. Vienna, Austria*.
- Rising Software. (n.d.). *risingsoftware*. Retrieved February 6, 2020, from <https://www.risingsoftware.com/auralia>
- Sauro, J. (2011). *Measuring u*. What’s the Difference between a Heuristic Evaluation and a Cognitive Walkthrough? <https://measuringu.com/he-cw/>
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O’Neill, N., Khan, M., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., & Agha, R. (2020). World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*, 76(February), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.02.034>
- Surikov, S. (n.d.). *surikov.github*. Retrieved June 15, 2020, from <https://surikov.github.io/webaudiofont/>

- The jQuery Foundation. (n.d.). *jQuery*. Retrieved June 15, 2020, from <https://jquery.com/>
- Theta Music Technologies. (n.d.). *trainer.thetamusic*. Retrieved February 6, 2020, from <https://trainer.thetamusic.com/en>
- Viva Porto. (2019). *Matosinhos inclui computação e robótica criativa nas AEC*. <https://www.viva-porto.pt/matosinhos-inclui-computacao-e-robotica-criativa-nas-aec/>
- Zhou, Y., Percival, G., Wang, X., Ye, W., & Zhao, S. (2011). MOGCLASS: Evaluation of a collaborative system of mobile devices for classroom music education of young children. *CHI '11: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 523–532. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979016>

# 8. Anexos

## 8.1. Anexo A – Modelo de Avaliação Heurística

### Avaliação Heurística de Design da Interface de Usuário

1 - Objetivos e utilizadores alvos:

**WebD’accord** é uma aplicação Web para contexto de aprendizagem musical do 1º ciclo cujo principal objectivo é perceber o desenvolvimento de uma escuta informada no contexto da música tonal, como por exemplo, o domínio de conceitos de melodia, harmonia e instrumentação.

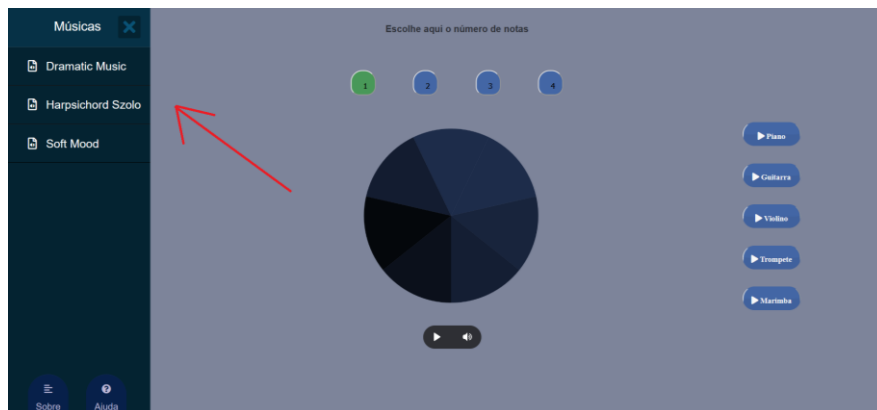
2 - Estratégias da interface para o objetivo:

A aplicação **WebD’accord** guia o utilizador na selecção de potenciais acompanhamentos (melódico e harmónico) de uma faixa musical, em informação MIDI sintetizada em tempo real, ou a partir de sinais de áudio. A sua interface para um ambiente Web pretende dar acesso à aplicação por um leque alargado de dispositivos, plataformas, lugares e em diferentes momentos, proporcionando uma alargada ubiquidade e possibilidade de aprendizagem diferenciada.

3 - Lista de tarefas:

- aceder ao endereço <http://www.webdaccord.epizy.com/index.html> a partir de qualquer dispositivo com acesso à Internet e com um browser;
- aceder ao menu lateral “Músicas” e seleccionar uma das músicas disponíveis;

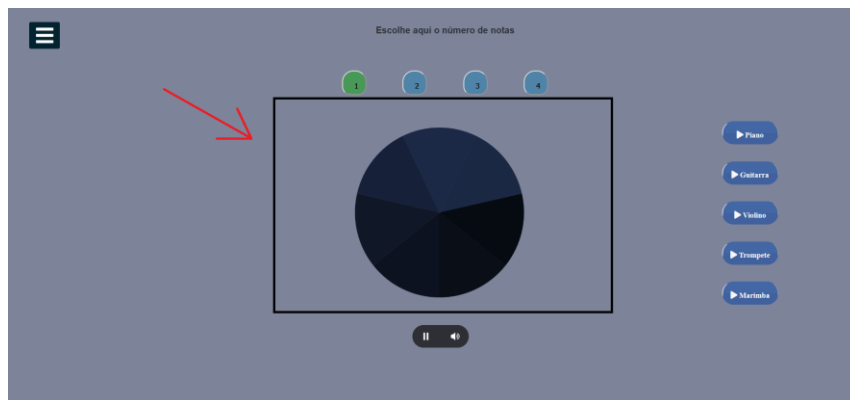
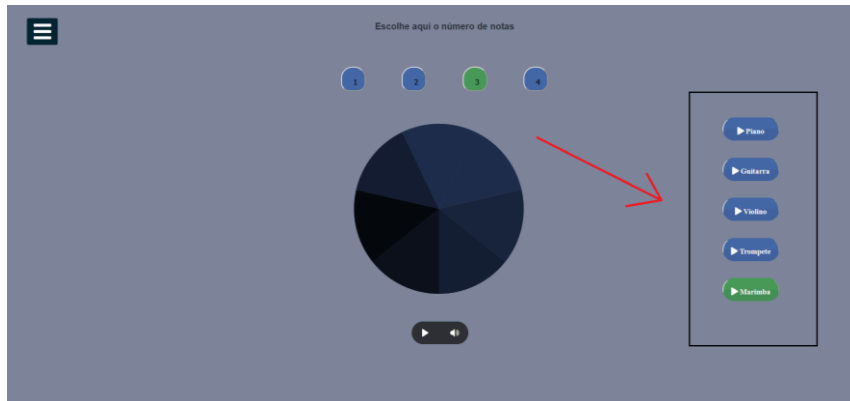




- para cada música verificar se o número de notas disponíveis corresponde ao seu número tocado;



- verificar se a escolha de um instrumento e áudio está funcional, reproduzindo, e as cores do círculo mudam consoante os graus harmônicos;



- a nível de estética (menus, organização, cores) se é adequado para a interface/utilizador;
- se possível, para cada avaliador, verificar se através de outro dispositivo e forma de entrada (touchscreen ou rato), tem a mesma performance descrita nos pontos anteriores;

#### 4 - Sistema de Ranking:

- 0 → não considerado um problema de usabilidade;
- 1 → problema de estética, de baixa prioridade, pode ser **resolvido se houver tempo**;
- 2 → pequeno problema de usabilidade, em que a resolução deve ser de **baixa prioridade**;
- 3 → principal problema de usabilidade sendo importante corrigir com **alta prioridade**;
- 4 → catástrofe de usabilidade, **imperativo corrigir!**

#### 5 - Lista de Heurísticas:

##### **H1. Visibilidade e reconhecimento do estado do sistema:**

O sistema deve manter o utilizador informado, através de feedback apropriado dentro de um tempo razoável de onde se encontra e sobre onde se situa.

##### **H2. Compatibilidade entre o sistema e o mundo real:**

O sistema deve usar linguagem familiares com o utilizador alvo. A informação deve aparecer de forma natural e lógica.

##### **H3. Controlo e liberdade do usuário:**

Por vezes, o utilizador escolhe funções por engano. O sistema deve oferecer uma forma fácil de sair da situação indesejada.

##### **H4. Consistência e padrões:**

O sistema deve ser consistente, mantendo as mesmas palavras, situações e ações, para que o utilizador tenha facilidade no seu reconhecimento.

##### **H5. Prevenção de erros:**

Evitar que o sistema tenha ações propensas a erros ou que, ao poder haver essa possibilidade, haja uma opção de confirmação antes de o utilizador poder realizar essa ação.

##### **H6. Reconhecimento ao invés de memorização:**

O utilizador não deve ter de se lembrar de informação. As instruções para o uso do sistema devem visíveis e de fácil acesso.

##### **H7. Flexibilidade e eficiência de uso:**

Deve poder ser usado tanto por utilizadores principiantes, permitindo que cada utilizador possa criar as suas experiências.

##### **H8. Projeto estético minimalista:**

O sistema deve incluir apenas a informação necessária para facilitar o seu entendimento. Informação irrelevante ou que raramente é necessária deve ser descartada para não ocupar espaço à informação relevante.

**H9. Ajuda e documentação:**

Idealmente, o sistema não necessitará de documentação de ajuda. No entanto, caso seja preciso, essa informação deve ser de fácil acesso, focada nas tarefas do utilizador.

**H10. Qualidade do conteúdo para aprendizagem:**

Avaliação da qualidade do conteúdo instrucional quando comparado com o currículo.

**H11. Motivação para aprender:**

Avaliação de características inovadoras que estimulam a aprendizagem e pesquisas adicionais promovidas pelo sistema; determinar se existe uma mistura de diversão, aprendizagem e atividades variadas que aumentam a taxa e a qualidade da mesma.

**H12. Orientação para a aprendizagem:**

Avaliação de quão bem a aplicação torna claro o que deve ser realizado e obtido com seu uso para o usuário.

**H13. Aprendizagem personalizada:**

Avaliação de quão bem os alunos podem personalizar a aplicação para se adequar à sua própria estratégia de aprendizagem, a fim de aprender ao seu próprio ritmo.

**H14. Acessibilidade:**

Quão bem os usuários podem acessar prontamente os recursos do sistema, sem ter problemas técnicos, como erros de hiperlink, programação e poder aceder através de diferentes dispositivos.

Tabela de preenchimento:

Problema			Análise			Solução
den tifi cador	Lo calização do problema	Descrição do problema	Heurística não atendida	Frequência do erro	Estimativa de seriedade	Descrição da proposta de solução
Ex.: 1	Ex.: Todo o display	Ex.: Falta de indicação de localização.	Ex.: H1	Ex.:3	Ex.:3	Ex.: Indicar algures onde o aluno se encontra na página

Obs.: Se necessário acrescentar linhas.