

**Instituto Superior de Engenharia do Porto**

**INTERFACES INOVADORES PARA A APRENDIZAGEM  
MUSICAL**

**Bruno Filipe dos Santos Henriques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Informática**

Área de especialização em

**Sistemas Gráficos e Multimédia**

**Orientador:** Prof. Doutor Carlos Miguel Miranda Vaz de Carvalho

**Júri:**

**Presidente:**

Doutor João Paulo Jorge Pereira

**Vogais:**

Doutor Eduardo Luís Ribeirinha Cardoso de Carvalho

Doutor Carlos Miguel Miranda Vaz de Carvalho

Porto, Novembro 2010



# Agradecimentos

---

Aos meus pais e irmão e a toda a família que sempre se preocuparam em me dar as melhores condições possíveis para que tudo isto se tornasse realidade e nunca faltaram em apoio. Obrigado por tudo!

Ao orientador, o Prof. Doutor Vaz de Carvalho, pela disponibilidade, constante aconselhamento, ajuda e sugestões dadas.

À Rute Matos pela ajuda no melhoramento dos textos em inglês.

Aos meus amigos quero agradecer todos os momentos que passamos e o apoio que sempre me deram.

À minha namorada Joana que sempre acreditou em mim, me apoiou nos bons e maus momentos, e nunca me faltou com o amor que me deu a força necessária á realização deste sonho.

Obrigado a todos!



# Resumo

---

Esta dissertação foca-se na tentativa de inovação dos interfaces de educação musical ao nível da informática e multimédia.

A aprendizagem musical é um método rigoroso com inúmeros conceitos teóricos, o que de certa forma contrasta com a definição de arte em si, onde no final é valorizada a capacidade criativa de um sujeito através do resultado final de uma obra.

Na presente dissertação expõem-se algumas das possibilidades disponíveis actualmente ao nível de aplicações informáticas de aprendizagem e composição musical de forma a perceber o que é possível e necessário inovar ao nível do interface.

São abordados os temas de interfaces gráficos, educação e educação musical, sendo a conjugação desses mesmos temas o ponto de partida para o desenho e implementação da aplicação de suporte á presente dissertação.

Foi desenvolvida uma aplicação onde foram implementados os conceitos com os quais se pretende inovar na área das aplicações informáticas de aprendizagem musical.

Com as inovações implementadas é pretendido aumentar o nível de motivação de um aluno e desta forma melhorar os resultados do processo de aprendizagem e a experiência propriamente dita.

Foi efectuado um estudo de caso no sentido de perceber até que ponto as inovações implementadas cumpriam os objectivos. Os resultados obtidos mostraram bons índices de motivação no uso da aplicação mostrando que o caminho definido é viável.

**Palavras-chave:** MIDI, Aprendizagem, Educação Musical, Interfaces Gráficos, Composição Musical



# Abstract

---

This dissertation focuses on the attempt to innovate the interfaces for musical education at the level of IT and multimedia.

Learning music is a rigorous process with a lot of theory, which somehow contrasts with the definition of art itself, where in the end the creative ability of an individual is enhanced by the result of a work.

This essay sets out some of the possibilities currently available at the level of IT applications for musical learning and composition in order to understand what is possible and necessary to innovate in the interface.

Issues are addressed in graphical interfaces, education and music education, and the combination of these same themes sets the starting point for the design and implementation of the application which support this thesis.

It was developed an application where were implemented the concepts with whom is intended to innovate in the area of computer applications for music learning.

With the innovations implemented is intended to increase the level of motivation in students and thus improve the results of the learning process and the experience itself.

A case study was done to realize the extent to which the implemented innovations met the objectives. The results showed good levels of motivation in the use of the application showing that the path defined is feasible.

**Keywords:** MIDI, Learning, Musical Education, Graphical Interfaces, Musical Composition



# Índice

---

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract .....	v
Índice .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Índice de Extractos de Código .....	xv
Notação e Glossário .....	xvii
Capítulo 1 .....	1
1.1 Contexto do problema .....	1
1.2 Objectivos .....	2
1.3 Motivação Pessoal .....	3
1.4 Convenções de escrita .....	3
1.5 Metodologia de Investigação .....	4
1.5.1 Análise dos conceitos .....	4
1.5.2 Desenho e implementação da aplicação .....	4
1.5.3 Descrição do estudo .....	4
1.6 Organização do relatório .....	6
Capítulo 2 - Estado da Arte .....	7
2.1 Aprendizagem .....	7
2.2 Métodos tradicionais de aprendizagem musical .....	8
2.3 Personalização do processo de aprendizagem musical .....	9
2.4 Educação e composição musical de crianças .....	10
2.3 Outros trabalhos realizados .....	13
2.3.1 Editor Musical .....	13
2.3.2 PianoHead .....	15
2.3.3 Notes In Space .....	16

2.3.4 JoyTunes .....	17
2.3.5 TuxPaint .....	18
2.3.6 Guitar Pro .....	19
2.4 Tecnologias .....	22
2.4.1 MIDI .....	22
Capítulo 3 - Desenho e Implementação .....	25
3.1 Conceito .....	25
3.2 Público alvo .....	28
3.3 Interfaces gráficas de aplicações para crianças .....	28
3.4 Aplicação .....	30
3.5 Métodos de composição .....	37
3.5.1 Composição por Desenho Livre .....	37
3.5.2 Composição de pista de bateria .....	41
3.6 Métodos de Reprodução .....	44
3.6.1 Modos de Reprodução Direccional .....	46
3.6.2 Reprodução em Modo Histórico .....	50
3.7 Outras funcionalidades .....	52
3.7.1 Pauta Musical .....	52
3.7.2 Delimitação das Notas por Escala .....	54
3.7.3 Modo de Composição/Reprodução em Banda .....	55
3.7.4 Sons genéricos .....	55
3.8 Tecnologias Usadas .....	56
Capítulo 4 – Estudo de Caso .....	61
4.1 Contextualização .....	61
4.2 Processo de Avaliação .....	61
4.3 Experiência e Resultados Obtidos .....	63
4.3.1 Demonstração dos resultados .....	64
4.4 Avaliação dos Resultados .....	70
Capítulo 5 - Conclusão .....	73

5.1 Avaliação do trabalho realizado.....	73
5.2 Limitações e dificuldades .....	74
5.2.1 Experiência efectuada e descrita no capítulo 4 .....	74
5.2.2 Acordes nos modos de reprodução direcciona.....	75
5.2.3 Pistas de bateria em ciclo .....	75
5.3 Trabalho Futuro.....	75
5.3.1 Estudo mais aprofundado .....	76
5.3.2 Melhoramento da sonoridade em geral.....	76
Bibliografia.....	77



# Índice de Figuras

---

Figura 1 Representação de um compositor extraída do livro de Joanna Glover (Glover, 2000) .....	11
Figura 2 Senhor da música, segundo uma rapariga de 5 anos .....	12
Figura 3 Nova representação de um senhor da musica, tambem por uma rapariga de 5 anos.....	12
Figura 4 Ecrã de edição musical do Editor Musical.....	14
Figura 5 Escolha de Instrumento .....	15
Figura 6 Um dos modos de aprendizagem do PianoHead .....	16
Figura 7 Aspecto geral de Notes In space .....	17
Figura 8 Exemplo de um dos jogos do Joytunes.....	18
Figura 9 Aspecto geral do TuxPaint .....	19
Figura 10 Aspecto geral da aplicação Guitar Pro .....	20
Figura 11 Pauta e Tablatura no Guitar Pro .....	21
Figura 12 Painel 1 de propriedades de uma nota.....	21
Figura 13 Painel 2 de propriedades de uma nota.....	21
Figura 14 Reprodução de composição com visualização de guitarra e piano virtuais .....	22
Figura 15 Exemplo de um possível desenho/composição.....	27
Figura 16 Aspecto geral da aplicação .....	34
Figura 17 Aplicação a executar reprodução. Visualização do ecrã de reprodução.....	35
Figura 18 Visualização do ecrã de escolha do modo de reprodução a exportar.....	35
Figura 19 Use Case da Aplicação.....	36
Figura 20 Esquema de uma bateria acústica .....	42
Figura 21 Sistema de composição de bateria .....	44
Figura 22 Relação entre ponto do desenho e nota musical.....	45
Figura 23 Divisão da área de desenho em parcelas .....	45
Figura 24 Relação entre simbologia musical de duração de uma nota .....	53
Figura 25 Possível esquematização de uma pauta musical no âmbito da aplicação ...	54
Figura 26 Estrutura MIDI em formato 1 .....	57
Figura 27 Esquematização do processo de avaliação .....	62
Figura 28 Resultado do teste do aluno 2.....	68
Figura 29 Resultado do teste do aluno 3.....	68



# Índice de Tabelas

---

Tabela 1 Diferenças no uso de Rato e de Touch Screen .....	32
Tabela 2 Representação da estrutura para armazenamento dos pontos da imagem..	39
Tabela 3 Resultados da entrevista à responsável pela turma do grupo de testes .....	65
Tabela 4 Resultados da entrevista inicial aos alunos .....	66
Tabela 5 Resultados da entrevista final aos alunos .....	67
Tabela 6 Observações do entrevistador.....	69



# Índice de Extractos de Código

---

Extracto de código 1 Classe PontoMusical .....	38
Extracto de código 2 Classe Intervalos .....	38
Extracto de código 3 Adicionar Ponto Musical .....	40
Extracto de código 4 Reprodução em modo direccional .....	49
Extracto de código 5 Reprodução em modo histórico .....	52
Extracto de código 6 Reprodução de ficheiro MIDI .....	59
Extracto de código 7 Testar fim de reprodução.....	60



# Notação e Glossário

---

BPM – Beats Per Minute

Editor Musical - Aplicação de composição musical

Guitar Pro – Aplicação de composição musical

Joytunes – Aplicação de aprendizagem musical

MIDI – Musical Instrument Digital Interface

Notes in Space – Aplicação de aprendizagem musical

RSE - Realistic Sound Engine

Tablatura – Sistema de escrita musical alternativo às pautas convencionais.

Tux Paint – Aplicação de desenho



# Capítulo 1

---

Neste capítulo apresentam-se os objectivos, motivações e razões na origem desta dissertação de mestrado, assim como uma breve explicação sobre a organização deste documento através da apresentação dos capítulos que o compõem.

## 1.1 Contexto do problema

O progresso das tecnologias multimédia nos últimos anos, provocou uma grande mudança na forma como as pessoas encaram a informática e interagem com a mesma.

Este progresso permitiu o desenvolvimento de aplicações revolucionárias com interfaces gráficos e formas de interacção com o utilizador totalmente inovadoras que acrescentaram um enorme valor às respectivas aplicações.

Ganhou assim a informática e o utilizador que vê a sua experiência de interacção enriquecida e mais cativante o uso das aplicações resultando numa maior satisfação e melhores resultados.

Desde aplicações de design aos jogos, a multimédia instalou-se um pouco por todas as áreas inovando e definindo novos padrões de qualidade nas aplicações com este tipo de tecnologia, destacando-se sempre a sua capacidade para cativar, pelo toque moderno e pela superior experiência de utilização.

Essa mesma capacidade para cativar consegue assim que o utilizador sinta prazer ao desempenhar determinadas tarefas que até então se poderiam revelar maçadoras, ou preste mais atenção à aplicação, sendo que este último ponto nos abre as portas para o uso de tecnologias multimédia no âmbito do ensino, onde o nível de concentração é um factor chave para atingir o sucesso.

Para haver ensino/aprendizagem é indispensável que o aluno ou neste caso, o utilizador da aplicação se sinta não só cativado e interessado no que está a aprender mas igualmente motivado com o processo de aprendizagem em si, sendo que a forma mais fácil de obter o referido sentimento é promover ao máximo a interacção entre o utilizador e a aplicação.

Aqui entra a multimédia permitindo elevar a interacção a novos níveis oferecendo ao utilizador um conjunto de ferramentas e opções que de outra forma não seriam possíveis.

Mais ainda quando o ensino se reflecte sobre um tema cultural/artístico, de criação e onde muitas vezes o processo de ensino se baseia em teoria e métodos de aprendizagem rígidos.

Para esta dissertação foi assumido o contexto da aprendizagem e composição musical, onde a aprendizagem segundo os métodos clássicos é bastante rígida e formal, o que de certa forma contrasta com o método de criação de uma música onde as matérias aprendidas são aplicadas, mas desta vez sem limites e onde a única regra é o gosto pessoal do seu autor.

A aplicação será projectada para crianças entre os 4 e 8 anos por ser uma fase da vida em que não existem ainda preconceitos e há uma disposição natural para a exploração e criação. A partir de determinada idade o individuo cria conceitos e estabelece objectivos concretos nas actividades que desempenha o que poderia comprometer o que se procura neste projecto.

Este é o ponto de interesse e o problema sobre o qual se debruça esta dissertação, desenvolver uma aplicação que permita ensinar e criar música sem colocar barreiras teóricas ou técnicas e onde a interacção é privilegiada. O utilizador deve ter o comando do processo de aprendizagem podendo assim seguir os caminhos que lhe despertam maior grau de motivação e interesse.

Este projecto foi desenvolvido em associação com o centro de investigação GILT<sup>1</sup> no contexto de investigação de elementos multimédia na área da aprendizagem.

## 1.2 Objectivos

- Analisar os actuais moldes de aprendizagem musical,
- Desenhar um ambiente que promova a exploração e a experiência com uma componente de aprendizagem sem relação com métodos de aprendizagem clássicos associados a rigor e teoria,
- Desenvolver uma aplicação que permita criar música sem conhecimentos teóricos prévios, evitando possíveis limitações existentes à partida derivadas desses mesmos conhecimentos.

---

<sup>1</sup> O grupo GILT - Graphics, Interaction and Learning Technologies (<http://gilt.isep.ipp.pt>) é uma organização localizada no Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto, orientada para a investigação e divulgação do conhecimento técnico e científico nas áreas da Realidade Virtual, Multimédia, Interação, Tecnologias de Aprendizagem entre outros.

### 1.3 Motivação Pessoal

Como músico autodidacta esta dissertação representa para mim um enorme desafio mas ao mesmo tempo uma boa oportunidade de usar os conhecimentos e experiências obtidos no meu próprio processo de aprendizagem musical.

Os métodos de descoberta e exploração, aplicados a este projecto poderão facilitar a aprendizagem de outros podendo assim estimular o gosto pela música quer como ouvinte quer como executante e, em última instância, desenvolver o gosto pela arte em geral.

Assim, é uma fonte de motivação a possibilidade de criar novos meios de estar e aprender música que poderão contribuir para novas formas de executar, aprender ou criar composições musicais levando ao aparecimento de novas oportunidades musicais e novos caminhos na música.

Do ponto de vista informático, este projecto permite-me pôr a prova os conhecimentos aprendidos até este ponto ao nível da multimédia e da programação em geral sendo também este um factor motivador.

O contacto com novas tecnologias é também um importante ponto de interesse e motivação associado a esta dissertação e ao processo de investigação inerente.

### 1.4 Convenções de escrita

Com o objectivo de facilitar a leitura do documento e a sua compreensão, foram definidas as seguintes convenções:

- As palavras inglesas aparecem em itálico,
- Sempre que um acrónimo é utilizado pela primeira vez, é mencionado o seu significado, constando ainda no capítulo de Notação e Glossário uma lista de todos os acrónimos e abreviaturas constantes no presente documento,
- A fonte `Courier New` é utilizada sempre que se apresentam extractos de código ou pseudo-código/algoritmos, com o propósito de diferenciar do restante texto do documento,
- As citações são apresentadas entre aspas e em itálico (caso a língua original não seja Português), na língua original, de forma a evitar problemas de tradução e representarem exactamente a ideia original do seu autor.

## **1.5 Metodologia de Investigação**

O estudo descrito na presente dissertação está dividido em várias fases, sendo as mesmas enumeradas em seguida.

### **1.5.1 Análise dos conceitos**

Nesta fase foi recolhida informação relativa a métodos de aprendizagem musical, em geral e de crianças ao mesmo tempo que era elaborado um levantamento da actual oferta de *software* relevante para o projecto.

### **1.5.2 Desenho e implementação da aplicação**

Nesta fase foi desenhada e desenvolvida a aplicação, usando como base na sua implementação as conclusões obtidas na fase anterior. Foram testadas várias opções de interfaces e interacção até se definir a versão final.

### **1.5.3 Descrição do estudo**

O objectivo do estudo de caso era perceber de que modo os conceitos aplicados e o interface gráfico desenvolvido cumpriam os objectivos propostos para a dissertação quando usados por utilizadores englobados no parâmetros de definição do público-alvo para a aplicação.

Para a realização do estudo foi disponibilizada a aplicação a um determinado número de crianças e efectuadas duas entrevistas, uma às crianças, outra ao responsável pelas mesmas de modo a obter dados de comparação e contextualização. Foi usado ainda o método de observação para obtenção de informação durante a experiência.

#### **1.5.3.1 Método da Observação**

Pelo método de observação é possível perceber como um utilizador utiliza uma aplicação, permitindo desta forma perceber que dificuldades lhe são encontradas na interacção, como reage com o aspecto e como a aplicação pode ser melhorada. É também possível por este método perceber o grau de satisfação do utilizador durante o uso da aplicação.

A observação pode ainda ser activa ou passiva, de acordo com a existência ou não de interacção por parte do observador.

#### **1.5.3.2 Método de entrevista**

O método de obtenção de informação pela entrevista permite obter opiniões e perspectivas dos entrevistados relativamente a determinado tema. Dependendo da estratégia utilizada, é possível definir vários tipos de entrevista (Patton, 2002).

- Entrevista clássica com perguntas abertas: São colocadas determinadas questões predefinidas a várias pessoas. A rigidez deste tipo de entrevista acarreta o risco de não ser considerada alguma informação potencialmente importante,
- Entrevista orientada: Semelhante ao tipo anterior, uma vez mais um conjunto pré-seleccionado de questões são colocadas a várias pessoas havendo no entanto espaço para falar de experiências pessoais. Ainda assim, com o intuito de manter o curso da entrevista como planeado continua a existir o risco de se ignorar informação importante,
- Entrevista informal: Neste tipo de entrevista o entrevistador tem a liberdade de se adaptar a cada indivíduo, no entanto este factor leva a que este tipo de entrevista se possa revelar mais demorado na obtenção da informação pretendida.

O tipo de entrevista usada foi a entrevista orientada. Tendo em conta o público-alvo e as limitações de comunicação que poderiam existir determinou-se a necessidade de executar a entrevista de forma contínua permitindo no entanto a possibilidade de o entrevistado relatar experiências potencialmente relevantes para o estudo.

#### *1.5.3.3 Selecção das questões para as entrevistas*

Todas as entrevistas elaboradas foram constituídas por questões de resposta aberta. Na elaboração das questões a serem colocadas aos utilizadores houve no entanto um especial cuidado no sentido de não serem necessárias respostas complexas. A grande maioria das questões possuía resposta do tipo Sim/Não.

#### *1.5.3.4 Amostra*

Para testar a aplicação era necessário que um alargado número de utilizadores englobados no âmbito do público-alvo definido experimentasse a aplicação comentando depois a sua perspectiva da mesma. No entanto por razões de tempo e logística apenas um pequeno grupo foi considerado, denominado de amostra.

A amostra foi assim constituída por alunos do Colégio de Ermesinde, com cinco anos de idade e englobando elementos de ambos os sexos.

#### *1.5.3.5 Obtenção dos dados*

Os dados foram recolhidos presencialmente em Outubro de 2010 através de entrevista e observação efectuada pelo investigador.

### **1.5.3.6 Análise dos dados**

Com os dados recolhidos foi possível efectuar uma análise Qualitativa das respostas obtidas nas entrevistas e dos dados recolhidos por método de observação relativamente ao modo como os conceitos aplicados na aplicação provocavam as reacções e comportamentos esperados por parte dos utilizadores.

## **1.6 Organização do relatório**

Esta dissertação é constituída por 5 capítulos. O principal objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de um interface gráfico para uma aplicação de aprendizagem e composição musical e foi organizado de forma a clarificar as principais dificuldades e necessidades num projecto deste tipo.

No primeiro capítulo (o actual) pretende-se explicar a necessidade de um novo e inovador ambiente gráfico de aprendizagem e composição assim como mostrar os objectivos do trabalho e as motivações pessoais para a realização do mesmo. É feita ainda uma introdução relativamente à definição do público-alvo da aplicação a ser desenvolvida ao longo do projecto.

No segundo capítulo é representado o estado actual ao nível de aplicações, estudos e tecnologias que de alguma forma poderão estar relacionadas com o âmbito e objectivos desta dissertação.

No terceiro capítulo é demonstrado o processo de desenvolvimento da aplicação enumerando as principais decisões e motivos que originaram as mesmas. É apresentada a aplicação no seu estado final de desenvolvimento e demonstradas ao pormenor as suas funcionalidades quer do ponto de vista de utilização quer do ponto de vista técnico.

No quarto capítulo é apresentado um estudo de caso efectuado para avaliar a aplicação desenvolvida. É explicado o processo de avaliação e demonstrados os resultados obtidos, terminando com as conclusões possíveis de inferir a partir desses mesmos resultados.

No quinto capítulo é apresentada a conclusão da dissertação tendo em conta os objectivos propostos inicialmente e os resultados finais obtidos na experiência apresentada no capítulo 4. São ainda referidas limitações e dificuldades encontradas ao longo deste projecto assim como propostas de desenvolvimentos futuros.

# Capítulo 2 - Estado da Arte

---

Neste capítulo são abordados os conceitos inerentes a esta dissertação nomeadamente a aprendizagem e a composição musical por parte de crianças. São também apresentadas aplicações já existentes com relevância para o estudo aqui efectuado e as tecnologias utilizadas ao longo do mesmo.

## 2.1 Aprendizagem

O processo de aprendizagem pode ser definido como a alteração das reacções de um indivíduo a determinada situação.

*“An organism which is incapable of modification in its reactions cannot be taught.”* (Colvin, 2008).

Por este processo, o indivíduo que está a aprender deve ser capaz de através da obtenção de conhecimento, ganhar novas capacidades dentro do contexto ou tema no qual se baseou o processo de aprendizagem.

Num processo de aprendizagem existe uma interacção entre alguém que possui determinado conhecimento para ensinar e alguém com interesse em o aprender. A aprendizagem pode ser um processo moroso e cansativo, extremamente dependente de factores como a motivação do aluno ou capacidade de ensino do professor.

A entrada das tecnologias neste processo passa para o aluno maior responsabilidade mas também mais poder, num conceito denominado por Daniel Gohn como “educação não-formal” ou auto-aprendizagem.

“Entendo por educação não-formal os processos de ensino e aprendizagem que têm a sua origem a partir da experiência prática e que usualmente não são codificados em sistemas curriculares oficializados.” (Gohn, 2003).

Tendo em conta a adequabilidade de um processo de aprendizagem relativamente aos alunos, Edwin Gordon cita Felix Emanuel Scheling (1858-1945), que disse: *“True education makes for inequality; the inequality of individuality, the inequality of success; the glorious inequality of talent, of genius; for inequality, not mediocrity, individual superiority, not standardization is the measure of the progress of the world.”* (Gordon, 2007).

Para Felix Scheling, a educação deve focar-se no indivíduo pois não existem dois indivíduos iguais, com as mesmas aptidões, características, talento ou necessidades.

É necessário perceber, num processo de educação, como passar os conteúdos da melhor forma a que se pretende ensinar. Assim além de permitir definir o rumo do processo, o software de aprendizagem deve tanto quanto possível permitir escolher/variá-la forma como os conteúdos são transmitidos, de acordo com as necessidades do utilizador.

## 2.2 Métodos tradicionais de aprendizagem musical

A aprendizagem musical pode ser efectuada quer com acompanhamento quer por auto-aprendizagem. Por norma encontramos a prática dos métodos tradicionais em escolas ou conservatórios

Este tipo de métodos caracteriza-se por um maior rigor e número de regras, assim como métodos de ensino mais genéricos e orientados à música, ao invés do aluno. Esta forma de ensino dota no entanto o aluno com capacidades musicais de elevado nível preparando-o para certas áreas que a auto-aprendizagem normalmente não prepararia.

Numa página do sítio Web do Conservatório de Música e Dança da Universidade do Missouri<sup>2</sup> pode ler-se acerca dos seus níveis de estudo “*The Conservatory's degrees in music education are rigorous programs that prepare students as musicians, performers and teachers.*”.

No mesmo sítio Web pode-se ainda ler “*In rehearsals, in class and on stage, our students interact with an exceptionally gifted faculty and with leading visiting artists in ways that are supportive, yet rigorous.*”.

É possível perceber pela descrição do conservatório que o rigor é um factor fundamental e constantemente presente nos métodos de ensino, sendo que pelos mesmos métodos, os alunos alcançarão não só capacidades de compositores, mas também de executantes e ainda de professores.

Este alargado conjunto de capacidades possíveis de alcançar através do estudo em conservatório pode ser a razão para a rigidez dos métodos, pois será uma forma de garantir que o conhecimento musical clássico é transmitido correctamente ao longo dos anos.

---

<sup>2</sup> O Conservatório de Música e Dança da Universidade do Missouri (<http://conservatory.umkc.edu/>) é uma instituição de ensino musical criada em 1906 tendo-se apenas juntado à universidade de Missouri em 1959.

## 2.3 Personalização do processo de aprendizagem musical

Num contexto de aprendizagem musical, em que os métodos clássicos de aprendizagem assentam em muita teoria e rigor, um sistema de auto-aprendizagem surge como uma excelente oportunidade para quem procura resultados rápidos e específicos.

A experiência prática e auto-reflexão possibilitada pelos meios tecnológicos, aumenta o interesse do aluno que neste processo consegue atingir mais directamente os seus objectivos básicos, sejam eles replicação ou criação de conteúdo musical.

Por si próprio o aluno tirará as necessárias conclusões e criará as bases para atingir os objectivos propostos inicialmente. Numa segunda fase, essas bases poderão ser usadas para alargar o conhecimento geral segundo meios clássicos, num momento em que o seu interesse no tema está mais solidificado.

Edwin Gordon afirma que *“Music aptitude is a measure of one’s potential or capacity to learn music. It points beyond itself. Music achievement is a measure of what has been learned in music.”* (Gordon, 2007).

Esta separação coloca parte da “capacidade musical” do indivíduo ao nível do intelecto e outra na sua natureza, estando obviamente ligadas mas sem que a falta de uma obrigue necessariamente à falta da outra. Esta reflexão permite perceber a necessidade de adequar os métodos de ensino musical pois não só quem é “naturalmente dotado” deve ter acesso aos meios.

Os dois planos musicais de Edwin mostram que existe uma porção musical que vem de dentro de cada um, sendo o desafio permitir que essa vocação se exteriorize. Num típico ambiente de aprendizagem musical, a rigidez dos métodos e a forte componente teórica podem de certo modo esconder a aptidão musical do indivíduo.

Surge assim o desafio para esta dissertação, onde se pretende estudar as alternativas tecnológicas orientadas à aprendizagem musical que quebrem as barreiras dos métodos e permitam exprimir a aptidão musical sem necessidade de primeiro ter uma relevante realização musical.

A liberdade de expressão deverá ser a nota dominante sem obviamente descurar o ensino da matéria, indispensável para a posterior evolução do indivíduo como músico, seja compositor seja executante ou por vezes até ouvinte.

## 2.4 Educação e composição musical de crianças

Uma criança é capaz de criar música?

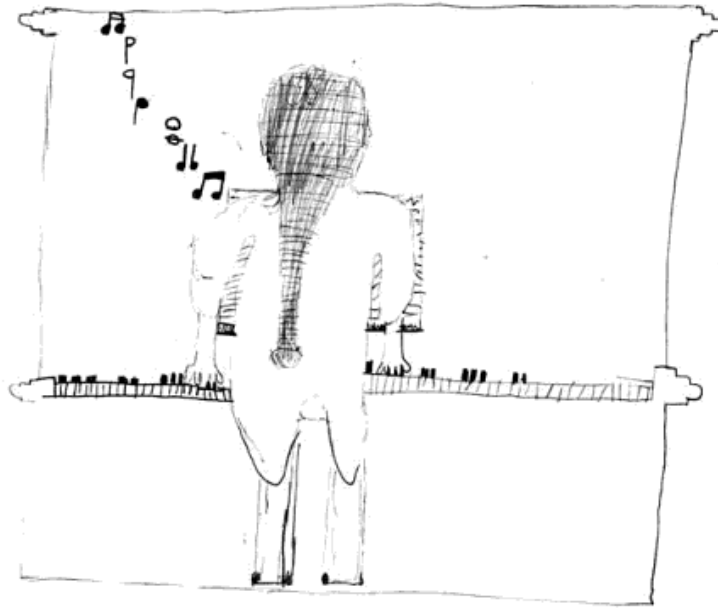
Joanna Glover escreveu que a música é intrínseca às crianças e que estas a compreendem sem qualquer ensino prévio (Glover, 2000).

*“Children are inventive and capable as music makers. They make music independently of being shown or taught how to do so. For very young children, this music is often intrinsic to other activity, as part of play, movement or the ordinary round of daily life. They improvise songs spontaneously as early as they acquire language. Left to play with instruments, they meticulously investigate the sound world offered and go on to pattern and order sounds into musical shape.”* (Glover, 2000).

No seu livro, Joanna Glover escreve sobre a capacidade de composição das crianças, que lhes é natural e não necessita de ser ensinada. Nas rotinas diárias ou enquanto brincam, as crianças desenvolvem por si só esta capacidade. Mesmo quando confrontadas com instrumentos musicais são capazes de perceber o funcionamento do mesmo e começar a definir padrões de sons, compondo musica.

No entanto aponta também possíveis limitações a esta capacidade, derivadas do contexto cultural que rodeia as crianças. Este factor está relacionado com a ideia que por vezes é transmitida do que será um Compositor. No mesmo livro foram publicados alguns desenhos elaborados por crianças entre os 7 e 8 anos daquilo que imaginam como sendo um compositor, sendo que a maioria mostra um homem de idade, magro, em frente a um piano (Figura 1).

*“The most central models of adult composers offered in schools are those of western classical music. Although these represent only one part of the much wider musical picture of children’s lives, as models in education they can occupy disproportionate space.”* (Glover, 2000).



**Figura 1** Representação de um compositor extraída do livro de Joanna Glover (Glover, 2000)

Para Joanna Glover esta ideia leva as crianças, à medida que vão crescendo, a pensar que a composição musical é algo que está ao alcance de génios ou pessoas com dons naturais, e não se sentindo enquadradas neste modelo de compositor podem acabar por criar uma barreira que lhes faz perder o interesse ou não se sentirem capazes.

Este factor reflecte a necessidade de um método de aprendizagem/composição que mude o conceito de compositor. A capacidade criativa das crianças, não sujeita a preconceitos é de enorme valor, ainda mais quando aliada a um sentido explorador e curiosidade que só as crianças possuem.

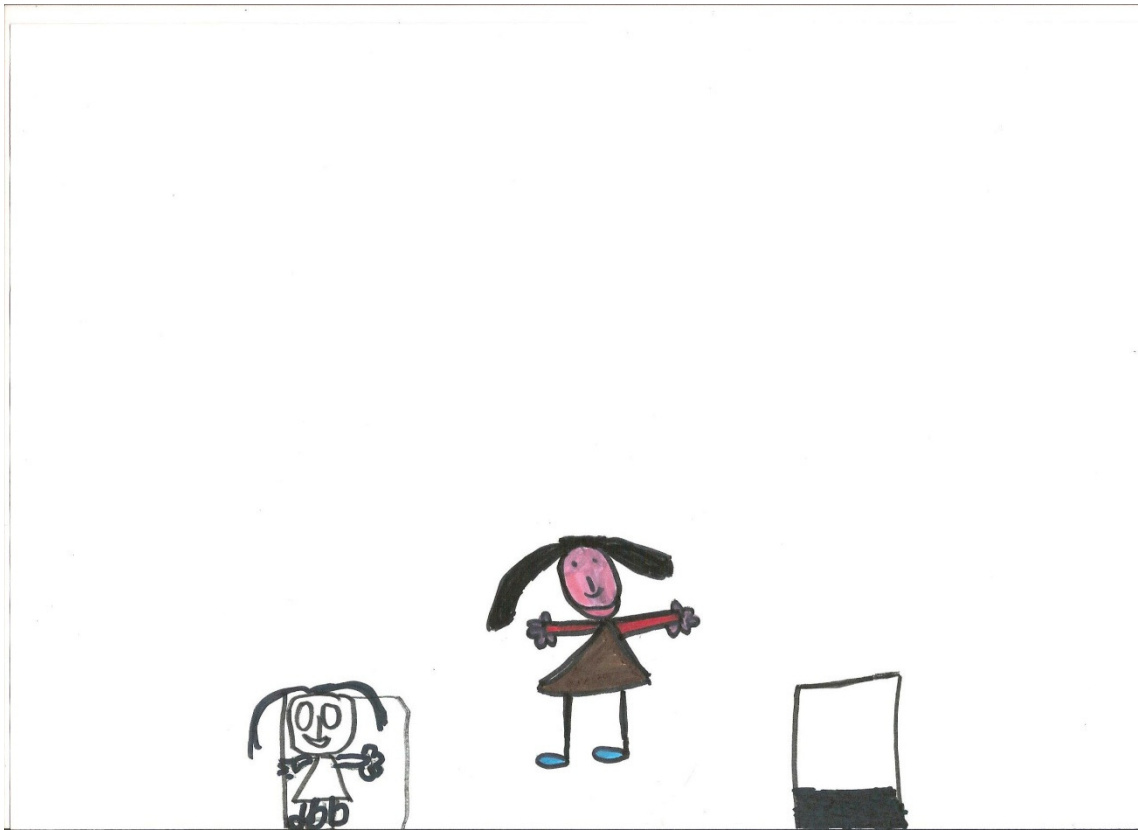


Figura 2 Senhor da música, segundo uma rapariga de 5 anos



Figura 3 Nova representação de um senhor da musica, tambem por uma rapariga de 5 anos

As figuras 2 e 3 foram elaboradas por duas crianças que participaram no Estudo demonstrado no Capítulo 4 desta dissertação. A elas foi pedido que desenhassem um senhor da música ou compositor de forma a estabelecer uma comparação com os resultados obtidos em 2000 por Joanna Glover.

Nas figuras é possível observar que o piano continua a ser o principal instrumento que as crianças de um modo geral associam a um senhor da música. No entanto a figura humana representada já não será necessariamente o senhor velho normalmente associado ao maestro.

## **2.3 Outros trabalhos realizados**

De seguida são apresentadas várias aplicações existentes relacionadas com o tema da presente dissertação. Com estas aplicações procurou-se perceber a situação actual da informática e da multimédia no ramo da educação e composição musical assim como perceber em que pontos é possível e necessário inovar.

As seguintes tecnologias e projectos são apresentados por ordem descendente de similaridade e relevância relativamente a esta dissertação.

### **2.3.1 Editor Musical**

O projecto Editor Musical<sup>3</sup>, representado na figura 4, foi iniciado em 2003 no Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e teve como principal objectivo dar apoio à formação musical. Orientado a crianças e adolescentes permite a criação de música de forma individual ou colaborativa devido à possibilidade de utilização em grupo, seja em rede local ou através da internet.

---

<sup>3</sup> Editor Musical (<http://www.edumusical.org.br/siteprof/editor/EditorMusical.html>)

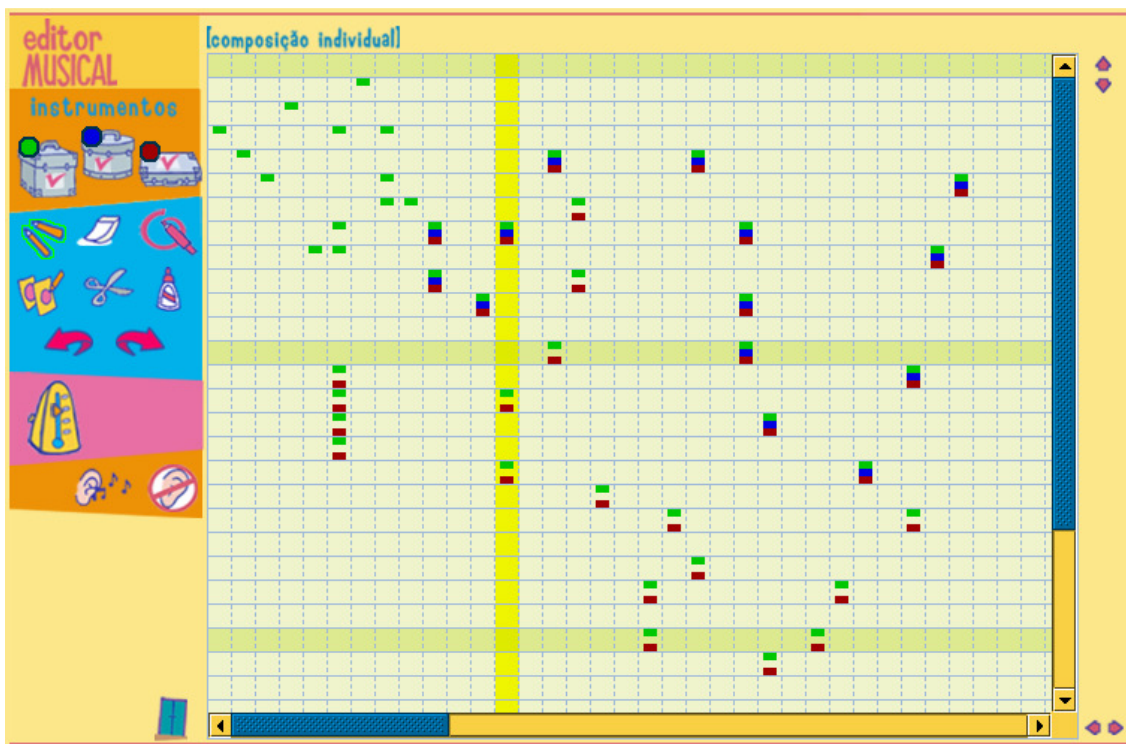


Figura 4 Ecrã de edição musical do Editor Musical

O programa permite de uma forma simples e intuitiva criar registos musicais básicos, assim como composições relativamente complexas, conjugando até um máximo de 3 instrumentos e ajustando a velocidade em BPMs (Beats Per Minute) da composição.

A composição é feita seleccionando cada uma das células dentro da área de composição, a qual fica associada ao instrumento seleccionado naquele momento.

A leitura é sempre executada no sentido esquerda-direita, tocando a cada instante todos os sons da coluna de células desse instante na composição.

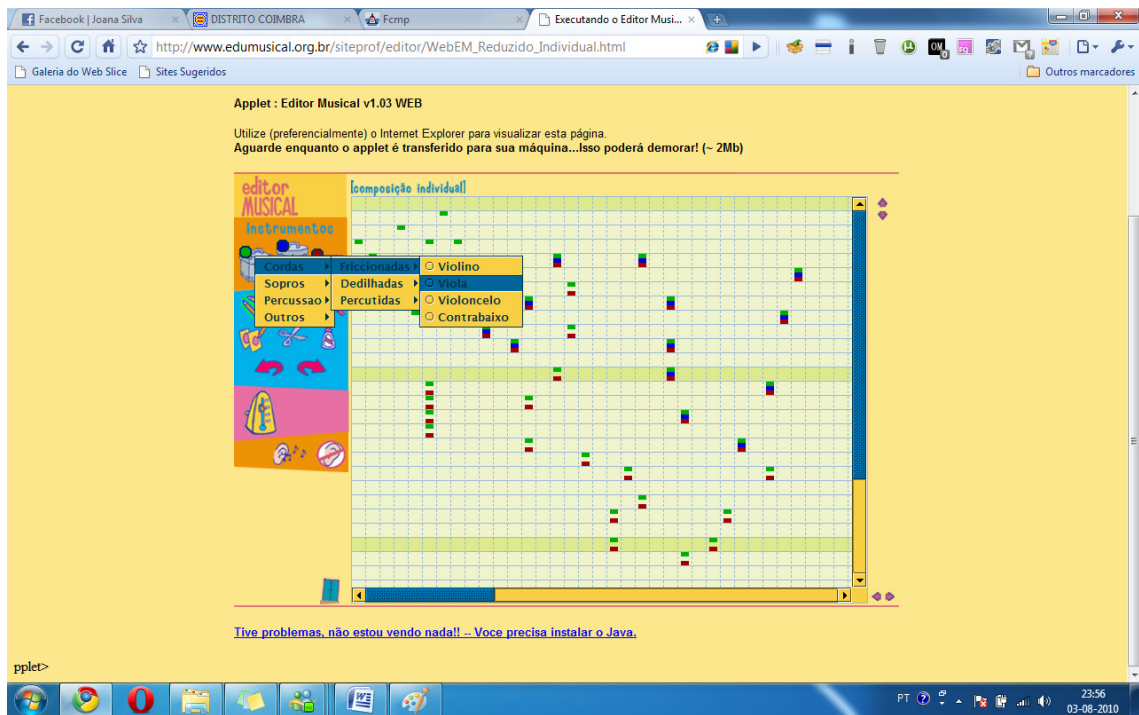


Figura 5 Escolha de Instrumento

Na figura 5 é possível observar o método de alteração de instrumento e verificar que existem três cores, verde, azul e vermelho usadas para simular pistas musicais independentes. Cada uma tem um instrumento associado em modo não exclusivo, isso é, o mesmo instrumento pode estar associado a mais do que uma cor.

### 2.3.2 PianoHead

PianoHead<sup>4</sup> (Figura 6) é uma aplicação informática totalmente orientada à aprendizagem musical, ou seja, sem componente de composição. A aplicação promove a aprendizagem de conceitos musicais teóricos em conjunto com a familiarização ao piano.

<sup>4</sup> PianoHead (<http://spinapse.com/details.html?id=1001>)

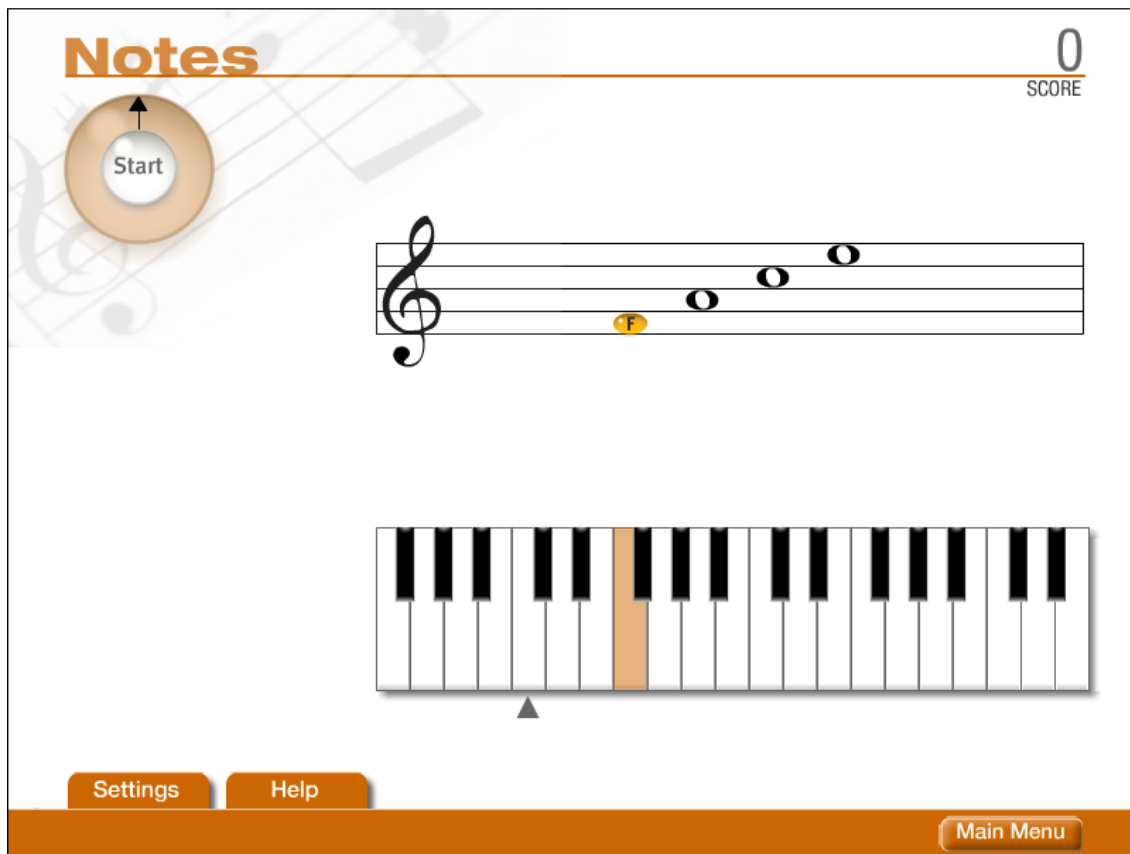


Figura 6 Um dos modos de aprendizagem do PianoHead

Vários modos de aprendizagem são oferecidos, cada um vocacionado a uma determinada área. Entre as áreas abordadas podemos diferenciar a aprendizagem das seguintes áreas:

- Representação das notas na pauta: é o modo representado na figura 13 e de certa forma está implícito em todos os outros pois a representação das notas na pauta é a base de todos os exercícios,
- Escalas musicais: modo onde se toca todas as notas de determinada escala musical, pela ordem correcta. Quando acontece um engano é apresentada a correcção,
- Intervalos de notas: modo onde se pretende que o utilizador aprenda a determinar o intervalo de tons entre duas notas analisando apenas a pauta.

### 2.3.3 Notes In Space

Notes In Space<sup>5</sup> (Figura 7) é uma aplicação de aprendizagem musical orientada ao ensino da notação gráfica da duração de uma nota. Com base num jogo de naves a nave, controlada pelo utilizador tem de destruir elementos que representam as

<sup>5</sup> Notes In Space (<http://www.happynote.com/music-notes.html>)

notações de uma nota, devendo para isso configurar a arma de acordo com o elemento que vai destruir.

A configuração actual da arma é representada em texto por cima da nave, no exemplo da figura 7 será “Half Note” e assim sendo apenas poderá destruir elementos que representem meia duração, no exemplo seguinte, esses elementos estão a amarelo.

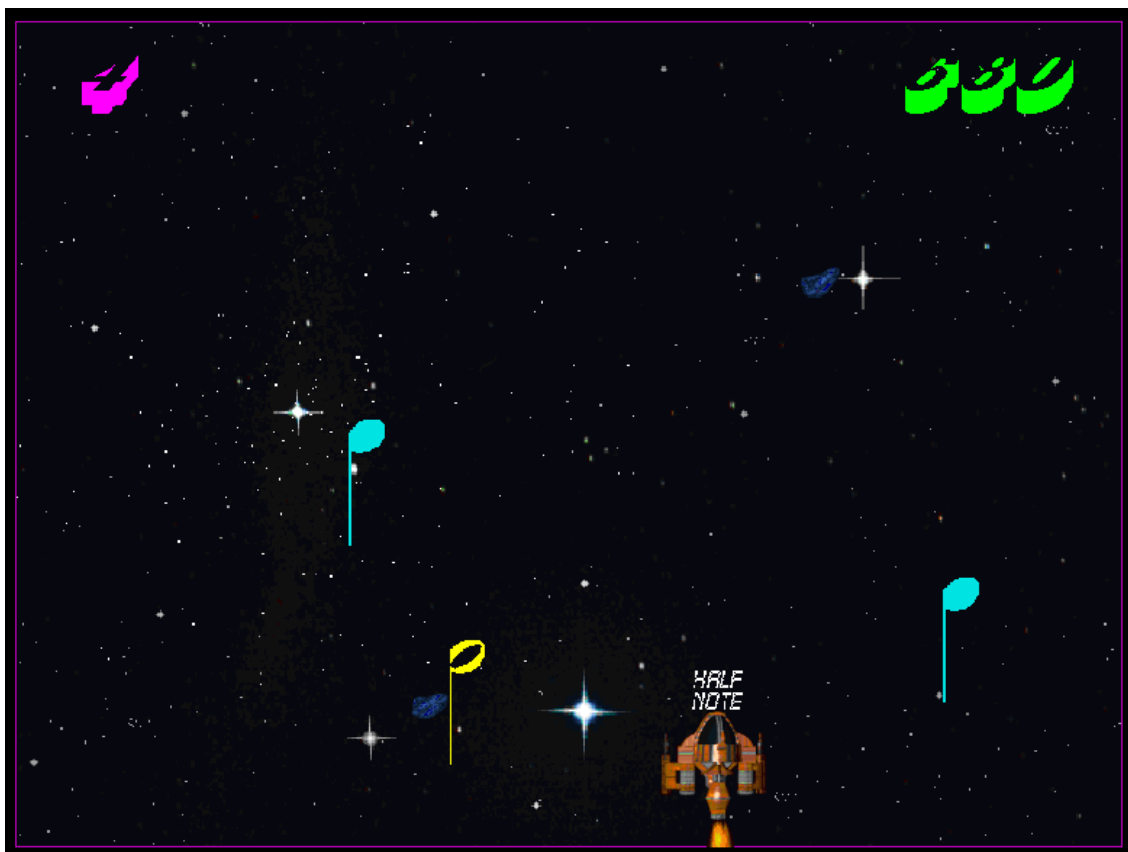


Figura 7 Aspecto geral de Notes In space

#### 2.3.4 JoyTunes

JoyTunes<sup>6</sup> é uma aplicação informática de contexto musical que promove a interacção com um instrumento real, através do microfone. Tudo isto sob o formato de jogos orientados a crianças. De salientar que apesar da interacção através da musica, a temática dos vários jogos não é necessariamente musical, pelo que a o JoyTunes oferece jogos de submarinos, como demonstrado na figura 8, entre outros temas.

Nesta aplicação o comando do jogo é um instrumento real, que quando tocado nas notas certas provoca no jogo o comportamento necessário para se conseguir avançar. Por outro lado a produção de notas erradas levam o utilizador a perder o jogo. A figura seguinte representa um dos jogos disponíveis.

<sup>6</sup> JoyTunes (<http://www.joytunes.com/>)



Figura 8 Exemplo de um dos jogos do Joytunes

Através de um microfone convencional, a aplicação recolhe o som do instrumento real, processando a frequência do som para depois comparar com a nota necessária no jogo.

Na flauta à esquerda da imagem, ficam activos os pontos que representam os furos da flauta onde será necessário colocar os dedos de modo a obter a nota pretendida no momento. Deste modo o JoyTunes promove a aprendizagem musical no sentido da prática de um instrumento real concreto.

No entanto pelo que foi possível apurar, o JoyTunes não prevê a aprendizagem de conceitos musicais teóricos.

### 2.3.5 TuxPaint

O TuxPaint<sup>7</sup> (Figura 9) é uma aplicação *Open Source* de desenho, destinada a crianças entre os 3 e os 12 anos de idade, sendo que o ponto de interesse relativamente a esta dissertação é que o programa produz sons à medida que o utilizador desenha.

---

<sup>7</sup> TuxPaint (<http://www.tuxpaint.org/>)



Figura 9 Aspecto geral do TuxPaint

O TuxPaint possui uma série de ferramentas de desenho, desde formas geométricas, carimbos, rectas ou simplesmente o pincel de desenho livre. Com o uso do pincel é possível alterar a forma do pincel, podendo ser um ponto, com diferentes tamanhos ou m desenho predefinido, como uma estrela ou uma seta entre outros.

Ao desenhar é reproduzido um som de acordo com a ferramenta seleccionada ou a forma do pincel, se for a ferramenta em uso.

O programa não oferece funcionalidades de contexto musical além da reprodução dos referidos sons pelo que não é possível reproduzir a componente sonora do desenho, nem está estabelecida uma associação entre o que se desenha e o som reproduzido.

### 2.3.6 Guitar Pro

O Guitar Pro<sup>8</sup> (figura 10) é um software musical bastante completo desenvolvido pela Aobas Music que permite quer a aprendizagem de composições escritas no formato da aplicação quer a criação de novas composições, abrangendo assim um vasto leque de utilizadores alvo. Esta aplicação enquadra-se num contexto profissional na área de

<sup>8</sup> Guitar Pro (<http://www.guitar-pro.com/en/index.php>)

composição/aprendizagem musical, sendo no entanto aqui apresentado para demonstrar as capacidades oferecidas a este nível.

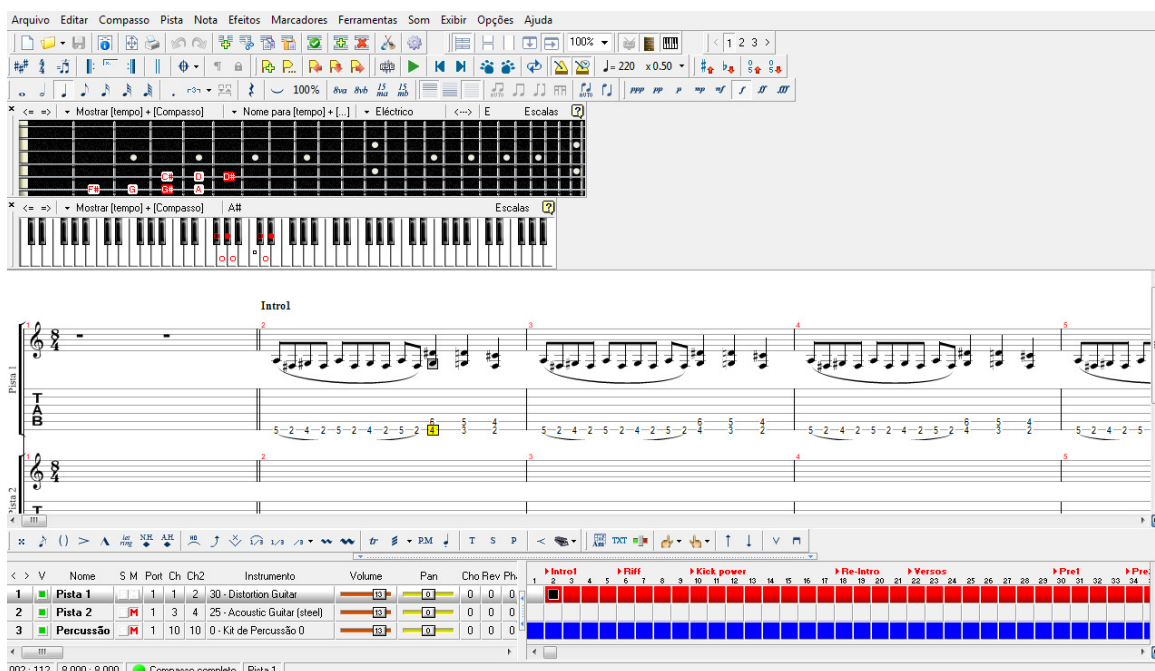


Figura 10 Aspecto geral da aplicação Guitar Pro

Apesar de o seu nome o associar à guitarra, este permite criar composições musicais em dezenas de instrumentos, incluindo instrumentos de percussão, cordas e sopro entre outros. Por usar um sistema de pistas é possível criar composições com vários instrumentos permitindo assim ter uma boa ideia do resultado final da composição quando tocada em instrumentos reais.

O sistema de reprodução do Guitar Pro é o MIDI, tecnologia que será explicada mais à frente, e mais recentemente foi introduzido o RSE (Realistic Sound Engine) que permite reproduzir a composição em sons reais, ou bastante próximos do som real.

De um ponto de vista de composição o Guitar Pro permite de um modo simples e intuitivo escrever composições, sempre com ligação aos termos e conceitos clássicos.

Permite visualizar/escrever a composição quer em modo pauta clássica como tablatura o que o torna acessível a qualquer um, mesmo sem conhecimentos musicais. Uma tablatura é um sistema de notação muito usado para composições de cordas e que consiste numa pista com tantas linhas quantas cordas tem o instrumento. Na tablatura escreve-se um número em cima da linha respectiva á corda que pretendida e esse número representa a nota a tocar nessa corda.

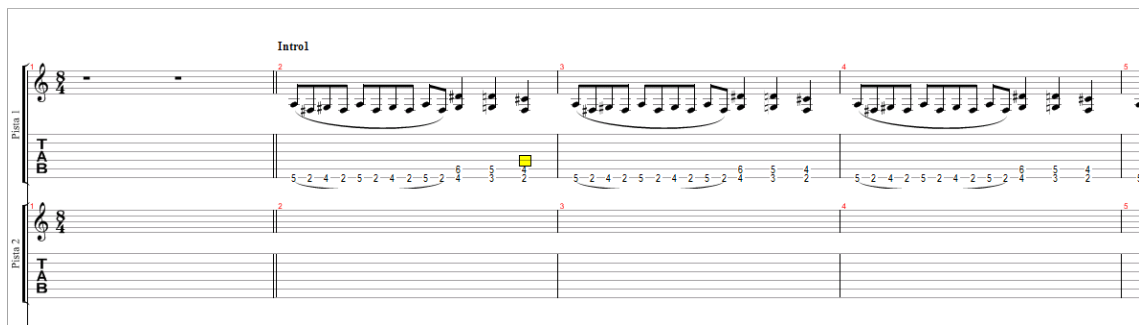


Figura 11 Pauta e Tablatura no Guitar Pro

Na imagem acima são mostradas 2 pistas, cada uma com um instrumento associado, e para cada pista está representada a composição quer em pauta quer tablatura. Como se pode ver, na pauta é mostrada a composição no estilo clássico e na tablatura apenas aparecem os números, escritos sobre a linha correspondente à corda pretendida e que representam a nota a ser tocada. Assim mesmo para iniciantes torna-se simples experimentar a capacidade de composição do programa, pelo menos em moldes básicos.



Figura 12 Painel 1 de propriedades de uma nota



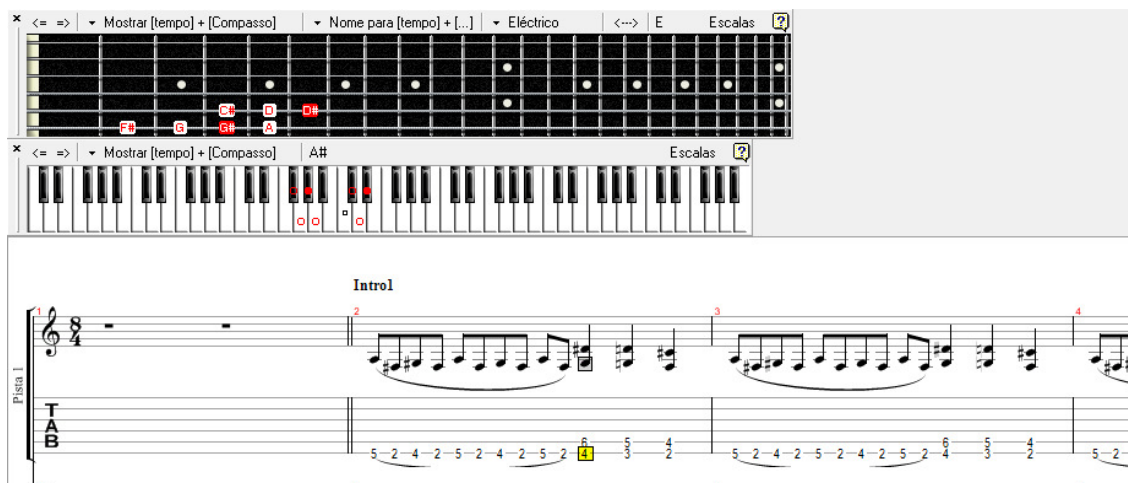
Figura 13 Painel 2 de propriedades de uma nota

As figuras 12 e 13 representam os menus e barras de ferramentas disponibilizadas no Guitar Pro. É possível nas mesmas verificar o elevado número de funcionalidades oferecidas embora a sua disponibilização na íntegra no ecrã principal possa provocar saturação do interface gráfico.

Para utilizadores mais experientes, com ou sem formação musical teórica, o Guitar Pro disponibiliza um conjunto de soluções que permitem alterar a maneira como cada nota irá soar ao ser reproduzida. Características como a duração ou a intensidade podem ser alteradas para que a composição seja reproduzida o mais parecido possível com a versão real final ou pretendida.

Apesar de tudo, este software pode também, além de ser uma potente aplicação de escrita, ser usado para aprender juntando a vista de tablatura com outras características do interface da aplicação, nomeadamente o “braço de guitarra” ou o “piano” virtual.

Se o utilizador assim o desejar, o programa mostra parte de uma guitarra e um piano e, à medida que reproduz a composição, assinala a vermelho os pontos correspondentes às notas a serem tocadas em determinado momento, assim como todos os pontos do compasso actual, estes a branco. Em cada ponto é mostrada a nota que está a ser tocada possibilitando a aprendizagem por parte do utilizador dos conceitos clássicos. A figura 14 representa o referido processo de reprodução onde é possível observar o destaque dado a uma das notas, através da cor amarela.



**Figura 14 Reprodução de composição com visualização de guitarra e piano virtuais**

Esta capacidade ajuda imenso na aprendizagem, principalmente quando é possível descarregar gratuitamente da internet exercícios ou músicas escritas em formato Guitar Pro e reproduzi-las visualizando exactamente a maneira correcta de as tocar. Juntando a capacidade de alterar a velocidade da reprodução, o Guitar Pro mostra-se uma excelente ferramenta musical seja a nível de aprendizagem, treino ou composição avançada.

## 2.4 Tecnologias

Neste subcapítulo são apresentadas tecnologias usadas no projecto que possam necessitar de uma apresentação e descrição do seu funcionamento e capacidades, de forma a permitir uma melhor percepção do restante relatório.

### 2.4.1 MIDI

MIDI (Musical Instrument Digital Interface), ou Interface Digital para Instrumentos Musicais é um padrão de comunicação entre instrumentos musicais electrónicos que permite a transmissão, modificação ou reprodução de composições musicais.

Assim o protocolo MIDI consiste num conjunto de eventos que possíveis de ser armazenados num sistema de ficheiros. Segundo o standard são guardados em

ficheiros. mid ou .smf (Standard MIDI File). Como ao contrário de outros ficheiros como o .wav ou .mp3 o MIDI não contém o áudio, os ficheiros são de um tamanho bastante reduzido.

Durante a reprodução do ficheiro os eventos são processados por um sintetizador MIDI, placa de som ou sistema operativo originando o som pretendido de acordo com o evento. Esta estrutura, apesar de não resultar em sons tão realistas permite no entanto maior liberdade, flexibilidade e facilidade durante o processo de composição musical. Da mesma forma a edição ou manutenção da composição torna-se mais simples. Ainda outra vantagem é a possibilidade de sintetizar diversos instrumentos, já englobados num standard.

Um ficheiro MIDI pode ser de 2 formatos:

- Formato 0: Contem apenas uma pista MIDI na qual estão registados todos os eventos;
- Formato 1: Contem uma sequência MIDI, a qual engloba uma ou mais pistas MIDI. Este formato facilita a posterior edição

Assim tendo o MIDI como *standard* de ficheiro e protocolo de comunicação, para um contexto musical é importante referir também o standard General MIDI ou GM1, publicado em 1991 e desenvolvido pela MMA (MIDI Manufactures Association) e pela JPSC (Japanese MIDI standards Comitee).

Este é o responsável por garantir que a reprodução de um ficheiro MIDI irá ser reproduzida exactamente da mesma forma independentemente do sintetizador usado.

Isto porque ao contrário do *standard* MIDI que apenas possui informação do instrumento a usar, o General MIDI possui um conjunto alargado de informação relativo às características do instrumento.

Alem de características dos instrumentos, garante que um sintetizador que esteja de acordo com este *standard* possua um mínimo estipulado de capacidades relativo a vários factores, entre outros o número de canais MIDI disponíveis e de instrumentos, que neste caso será de 128.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Informação obtida no sitio Web da MMA ([http://en.wikipedia.org/wiki/General\\_MIDI](http://en.wikipedia.org/wiki/General_MIDI))



# Capítulo 3 - Desenho e Implementação

---

Neste capítulo pretendem-se explicar e relatar as várias fases do desenvolvimento da aplicação, focando inicialmente os vários objectivos e factores considerados assim como as várias possibilidades encontradas e as justificações que levaram às decisões tomadas.

É realizada a apresentação da aplicação no estado final de desenvolvimento e consequente demonstração e explicação das funcionalidades, quer a nível de usabilidade quer técnico.

## 3.1 Conceito

Durante o planeamento e projecção da aplicação foi tido em maior consideração o facto de a aplicação ter que permitir a criação musical sem qualquer conhecimento prévio, quer musical quer da aplicação, de forma intuitiva e apelativa. Um interface com esta capacidade é o caminho definido no sentido de criar um processo de aprendizagem e composição musical mais cativante.

Este factor pesou nas decisões tomadas ao longo do projecto levando a que se privilegiasse a simplicidade das acções em detrimento de um maior número de funcionalidades e da possibilidade criar composições com um grau de complexidade mais elevado.

Para uma boa experiência de utilização, e tendo em conta o público-alvo definido, optou-se por um sistema de acção reacção, ou seja, todas as acções do utilizador, dentro do possível, devem gerar uma reacção, visual ou auditiva para que o utilizador consiga rapidamente perceber os mecanismos e conceitos inerentes à aplicação.

Esta característica tem extrema importância na área de composição, onde cada acção gera um som correspondendo ao instrumento e nota adicionada à composição, sendo que este método permite que rapidamente o utilizador associe determinadas características de um som a uma determinada acção e consiga posteriormente criar composições de forma mais eficaz. Tudo isto aprendendo por experiência própria e sem influencia de preconceitos ou regras que poderiam à partida limitar o potencial criativo.

Relativamente ao aspecto do interface gráfico, foi desenhado tão simples quanto possível de acordo com os estudos efectuados na área dos interfaces gráficos, devidamente orientado para ser usado por crianças e tendo em conta todas as necessidades inerentes a este tipo de uso.

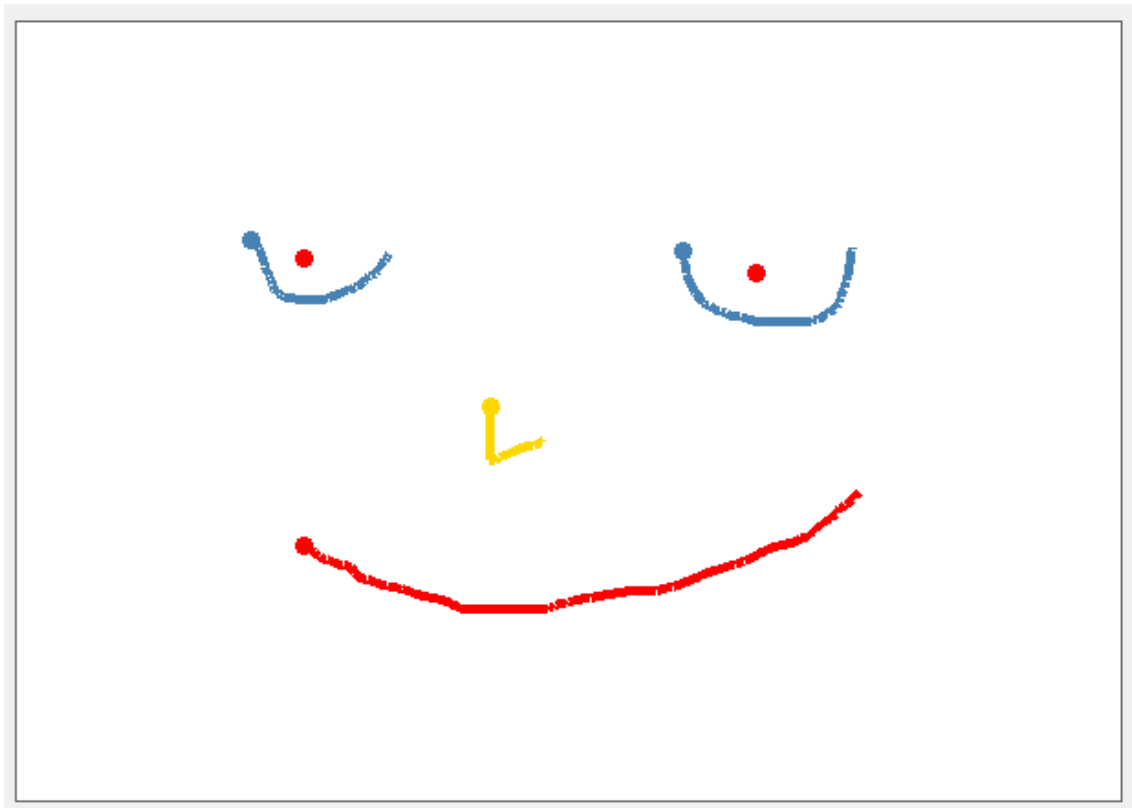
O resultado final é uma aplicação onde é possível criar música através do desenho livre. A aplicação possui uma área de desenho, uma paleta de cores, limitada a sete cores, e um regulador do diâmetro do lápis de desenho. Ao desenhar, são reproduzidos os sons associados aos pontos que se está a adicionar ao desenho. O regulador do diâmetro do lápis também influencia o resultado ao alterar o grau de pormenor do desenho e a quantidade de notas disponíveis, por uma associação que será explicada mais à frente.

Este método contrasta com a generalidade deste tipo de aplicações onde a área de composição é semelhante a uma tabela e a composição é efectuada seleccionando ou activando células dessa mesma tabela. Nestes casos o som a reproduzir é determinado de acordo com a posição da célula na tabela, como acontece no caso do Editor Musical.

Assim com o sistema de composição por desenho é oferecido ao utilizador maior liberdade de acção e são descobertas novas formas de estabelecer contacto com a música, associando esta com outra forma de arte: o desenho.

Numa fase inicial, para determinados utilizadores que possam achar o desenho mais cativante, a música poderá até nem ser encarada como o principal factor, escondendo-se por detrás do desenho. Eventualmente o interesse nos sons deverá crescer à medida que se tenta procurar que sons ou composição sonora é criada de forma intrínseca às imagens que o utilizador desenhou. Esta forma de estar na música, semelhante também a um jogo, e que não se limita à pressão de criar boa música poderá fazer a diferença na hora de cativar ou não uma criança a continuar a sua aprendizagem musical.

A figura seguinte representa um desenho realizado através da aplicação, possível de ser convertido em música, de cinco modos diferentes, enumerados mais à frente.



**Figura 15 Exemplo de um possível desenho/composição**

Para compor não é no entanto usado exclusivamente o método de desenho livre. Para o caso específico da bateria, não sendo um instrumento melódico, foi necessário desenvolver um método diferente cujo resultado é um sistema semelhante ao explicado anteriormente, composto por uma tabela várias células.

Também nos métodos de reprodução da composição musical criada foi procurado inovar relativamente às tecnologias já existentes e de modo a oferecer a mesma liberdade que o processo de composição também oferece. Nesse sentido, além de ser possível reproduzir a composição implícita na imagem, processando a mesma da Esquerda para a Direita, é também possível fazê-lo nas seguintes direcções:

- Cima para Baixo,
- Baixo para Cima,
- Direita para Esquerda.

Ainda em relação à reprodução da composição, é possível processar a imagem pela ordem cronológica que os seus elementos (pixéis) foram criados. Este modo de reprodução é designado por modo histórico.

Para o desenvolvimento do conceito e interface de uma aplicação, é necessário definir antecipadamente o utilizador tipo ou publico alvo.

Tendo em conta a experiência pessoal com música, assim como algum software de composição/aprendizagem musical (Guitar Pro entre outros) é notório que a partir de certo ponto ou idade o interesse na música torna-se objectivo.

Ao longo da vida, um indivíduo desenvolve noções de conceitos e daí desenvolve ou não interesse nesses mesmos temas. Por isso mesmo quando decide experimentar ou aprender algo sobre determinado conceito ou tema, os seus objectivos serão tão definidos quanto o grau de informação que já possui, o mesmo acontecendo com a expectativa em redor desta nova experiência.

Este ponto já foi experimentado a nível pessoal quando em tempos decidi aprender a tocar guitarra eléctrica. Então com 14 anos tinha já uma clara noção do que queria obter da guitarra e com alguma pesquisa e um estilo auto-didacta segui os caminhos necessários para atingir o objectivo definido, sem experimentar outras ideias dentro do contexto musical. Se por um lado esta abordagem pode limitar as capacidades e conhecimentos apreendidos do indivíduo, também é verdade que mantém os níveis de motivação coerentemente altos à medida que são atingidos os objectivos por ele definidos.

Numa opinião pessoal, todos têm expectativas diferentes relativamente ao mundo da música e por isso mesmo nenhum caminho será definitivamente “o correcto”, sendo o mais importante a concretização dos objectivos propostos e a satisfação com o grau atingido no contexto musical como compositor/executante.

### **3.2 Publico alvo**

Com base nos objectivos do projecto definiu-se como utilizador tipo, as crianças, entre os quatro e oito anos pois esta será a altura em que a vontade de experimentar e a falta de conhecimentos tecnológicos e culturais melhor permitirão a introdução de um sistema musical diferente e desalinhado com os modelos clássicos. Sem preconceitos culturais ou teóricos, o principal ponto de interesse da criança será a capacidade de se divertir com a aplicação tornando-se assim a melhor opção como publico alvo.

### **3.3 Interfaces gráficos de aplicações para crianças**

De um modo geral, um interface é um ponto de comunicação.

O interface gráfico de uma aplicação informática é assim o ponto de comunicação entre a parte da aplicação que não se vê e o utilizador.

Seja qual for a aplicação informática, o interface gráfico é um dos principais pontos a ter em conta, pois este será, para o utilizador, o rosto da aplicação e a parte da aplicação onde irá efectivamente interagir com a mesma.

Por isso mesmo, o desenho do interface gráfico deve ser projectado com o objectivo de que o resultado final potencialize as capacidades da aplicação e ajude o utilizador a tirar o melhor partido dessas mesmas capacidades.

Características gerais a ter em conta no desenvolvimento de um interface gráfico serão:

- Usabilidade. Deve ser prático e intuitivo. As acções disponibilizadas devem estar bem visíveis e esclarecedores acerca do seu objectivo, recorrendo a imagens se necessário.
- Adequabilidade. O aspecto geral deve ser adequado e ter em conta o contexto da aplicação. As cores e o próprio posicionamento dos elementos do interface, entre outros pontos, devem ser projectados de forma a se adequarem ao contexto final da aplicação, o utilizador deve sentir a aplicação como algo normal e não como um elemento estranho ao meio.

Por ser a ponte entre o motor da aplicação e o utilizador, o interface desempenha um papel determinante no sucesso da aplicação.

Uma excelente aplicação com um mau interface, que não disponibilize correctamente as opções e seja esteticamente inadequado e não atractivo poderá causar desconforto no utilizador com o seu uso e com isso fazer com que o utilizador perca o interesse na aplicação.

Por outro lado, uma aplicação relativamente simples com um interface agradável e funcional pode torna-la um caso de sucesso.

Num interface adequado e de grande usabilidade, a sua utilização acaba por ser instintiva o que permite que o utilizador se concentre no objectivo do uso da aplicação seja ele trabalho ou actividade de lazer.

Estes factores podem ter ainda mais importância quando a aplicação é destinada a crianças.

Quando o publico alvo são crianças, poderão existir alguns pontos extra a ter em conta. Entre outros a questão do uso de texto.

Deve ser tido em conta que até certa idade os utilizadores poderão ainda não saber ler, ou ainda assim ter alguma dificuldade. Deve-se por isso evitar o uso de textos utilizar imagens para representar as funções da aplicação.

Os ícones devem ser tão representativos da acção que desempenham quanto possível e suficientemente demarcados do fundo do interface.

*“High visual complexity can overwhelm any user, let alone children who cannot process visual information as quickly as adults. One way of dealing with visual complexity is to use multilayer strategies where children are first presented with few actions and objects and as they become proficient with the can move on to add other actions and objects to the user interface”.* (Hourcade, 2008)

As crianças não possuem a mesma capacidade perceptiva que os adultos e isso implicam desenvolver um sistema que permita que o interface gráfico da aplicação se mantenha simples em todas as fases, como um sistema de camadas em que num estado inicial apenas são disponibilizadas acções básicas, e à medida que se avança nessas acções vão surgindo acções mais específicas, ao invés de ter de início várias opções semelhantes, o que pode causar confusão saturar o interface (Hourcade, 2008).

### 3.4 Aplicação

Tendo em conta os objectivos propostos para este projecto, nomeadamente a criação de um interface gráfico de criação musical tão intuitivo quanto possível, foram ponderados vários estilos de aplicação.

Os principais modelos considerados foram:

- Jogos de conteúdo musical educativo;
- Instrumentos virtuais
- Uso de elementos gráficos com sons associados

Nesta fase do desenvolvimento foi determinado disponibilizar um maior esforço na capacidade de inovação do interface de composição relativamente às funcionalidades de aprendizagem e apresentação de conceitos teóricos. Mantendo esta linha de pensamento, e tendo em conta os modelos apresentados anteriormente, estabeleceu-se o do uso de elementos gráficos com sons associados como sendo o caminho a seguir, essencialmente pelo facto de potencialmente ser o modelo que mais poderia permitir a quebra de ligação com elementos musicais convencionais e ao mesmo

tempo oferecer um interface rico graficamente e com maior interactividade com o utilizador.

Após estar definido o modelo gráfico tornou-se necessário estudar os métodos de interacção e entrada de informação. Também nesta fase era importante definir um método simples, intuitivo, adequado e que potencializasse o ambiente gráfico.

Nesse sentido vários métodos foram analisados:

- Teclado,
- Rato,
- *Touch Screen*,
- Desenvolvimento de um novo interface de características ajustadas à aplicação.

Numa primeira fase foi prontamente afastada a opção do uso de teclado, decisão para a qual contribuíram vários factores:

- Grau de liberdade oferecida, apesar de conter um elevado número de teclas, se tivermos em conta o uso exclusivo do teclado na fase de composição é possível notar que é algo limitativo. Se demasiadas teclas forem necessárias poderia criar confusão no utilizador, pelo que o contrário poderia não enriquecer o suficiente as funcionalidades oferecidas pela aplicação.
- Necessidade de atenção por parte do utilizador, pois obriga o utilizador a concentrar-se dois pontos vez de um, nomeadamente o teclado e o interface gráfico em si. Este foi o principal ponto que levou a colocar de parte o uso de teclado pois pretendia-se que o utilizador precisasse apenas de se concentrar no interface gráfico.
- Semelhança com instrumentos convencionais, nomeadamente o piano e o órgão. Apesar de ser apenas uma pequena semelhança, poderia anular alguma da inovação conseguida no desenho do interface.

Relativamente às opções rato e *Touch Screen*, as mesmas são relativamente semelhantes, e como tal a escolha de um destes métodos não teria que inviabilizar o outro. Importa salientar no entanto que ao nível da concepção do interface gráfico existem formas de orientar a aplicação para um ou outro método.

Tabela 1 Diferenças no uso de Rato e de Touch Screen

Rato	Touch screen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite o uso de um segundo botão de forma simples e prática.</li> <li>• Permite que os elementos estejam próximos no interface gráfico pois possibilita efectuar a selecção com bastante pormenor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implica que os elementos com interacção sejam relativamente grandes, de forma a possibilitar o seu uso directamente com o dedo.</li> <li>• Para uma boa usabilidade, necessita que os vários elementos se encontrem relativamente afastados uns dos outros de forma a evitar que se pressione elementos que não se pretendia.</li> </ul>

Pela tabela 1 é possível compreender que num interface orientado para *Touch Screen* o uso de rato não implicará dificuldades de usabilidade, não é no entanto possível afirmar o mesmo na situação oposta. Tendo também em conta o público-alvo da aplicação desenvolvida neste projecto, de entre os dois métodos descritos anteriormente, o desenvolvimento seria orientado ao *Touch Screen*.

Em estudo foi colocada também a possibilidade de desenvolver e usar um interface não convencional, ajustado e desenhado especificamente para este projecto, mas de facto não foi possível determinar um novo sistema que adicionasse melhorias de usabilidade, relativamente por exemplo ao uso de *Touch Screen*, tendo obviamente em conta o caminho definido a seguir no desenho do interface gráfico.

Assim após análise e estudo dos meios, o conceito de composição ficou determinado a ter as seguintes características:

- Existência de elementos gráficos com sons associados. Os mesmos sons deverão de alguma forma variar consoante as diferenças no uso de um mesmo elemento.
- O desenho do interface gráfico deverá ter em contas as necessidades e potencialidades do uso do *Touch Screen* como método de entrada de informação.

Seguindo as premissas definidas em cima, surgiu a ideia de utilizar o desenho livre como método de composição musical. Este conceito além de permitir cumprir os

objectivos desta dissertação abre novos caminhos também na área do desenho, o que poderá ser explorado num outro estudo. Relativamente à música, importa perceber até que ponto os níveis de usabilidade e intuição de um interface com estas características poderão unir-se ao factor de inovação que o mesmo promove.

Uma tela de desenho é um elemento de enorme liberdade criativa, extremamente simples e intuitivo, que requer pouca ou nenhuma instrução prévia quer pela referida simplicidade quer devido à associação com o processo de desenho em papel ou outros meios, inclusive aplicações informáticas da área de desenho.

Estas características associadas a um interface físico do tipo *touch screen* são os factores com os quais se pretende cativar o utilizador e aumentar o seu interesse, na aplicação, na aprendizagem musical e na música em geral.

Existe no entanto uma excepção a este sistema de composição, e que está relacionada com a composição da pista de bateria. Por não ser um instrumento melódico, não iria tirar partido das vantagens que o desenho oferece correndo ainda o risco de prejudicar a aplicação, caso provocasse desinteresse no utilizador. Assim para a composição de pista de bateria foi usado um sistema mais convencional, em parte semelhante a algumas aplicações existentes e que será explicado em pormenor mais à frente nesta dissertação.

De um modo geral, a aplicação disponibiliza:

- Área de desenho/composição;
- Sistema de composição de bateria;
- Paleta de cores, limitada a sete cores;
- Regulador do diâmetro do lápis de desenho;
- Regulador de velocidade de reprodução da composição musical criada;
- Botões de reprodução da composição;
- Botões de gravar e sair da aplicação.

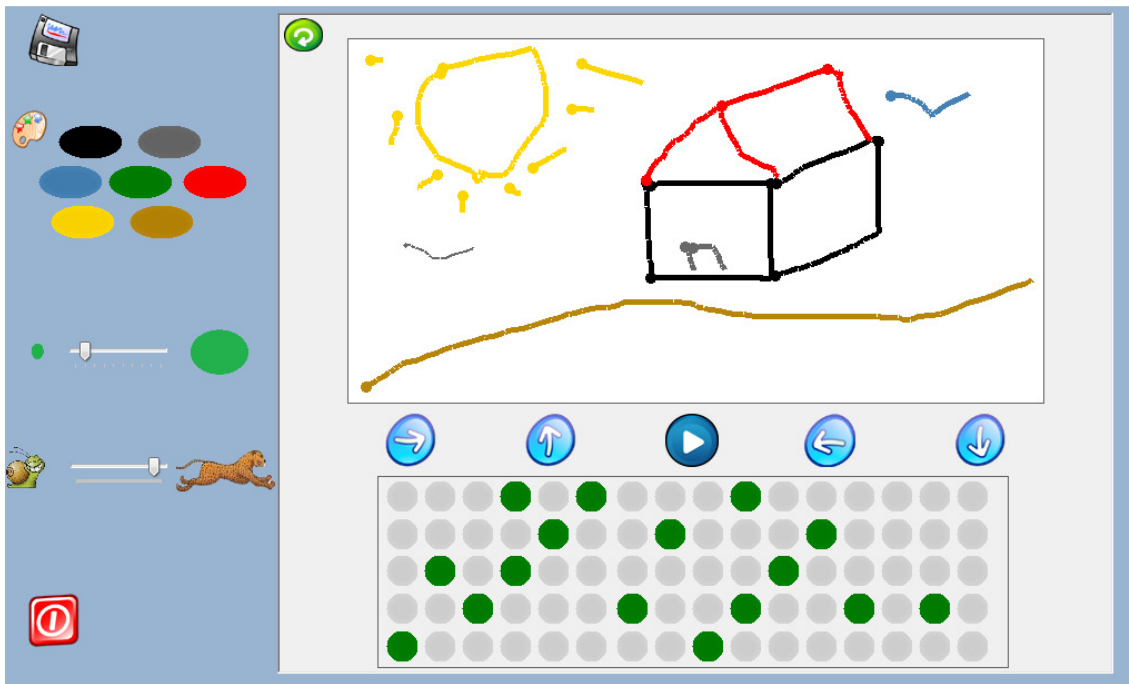


Figura 16 Aspecto geral da aplicação

Como é possível observar na figura acima, o interface gráfico foi mantido simples, com os elementos devidamente espaçados uns dos outros e as funcionalidades descritas com recurso a imagens, evitando o uso de texto pelo facto de que parte do público-alvo não terá ainda idade para saber ler.

A aplicação usa apenas três ecrãs próprios:

- Interface geral, mostrado acima;
- Ecrã indicador de que esta em execução a reprodução da composição (Figura 17 Aplicação a executar reprodução. Visualização do ecrã de reprodução);
- Ecrã de escolha do modo de exportação da composição para ficheiro .mid (Figura 18 Visualização do ecrã de escolha do modo de reprodução a exporta).

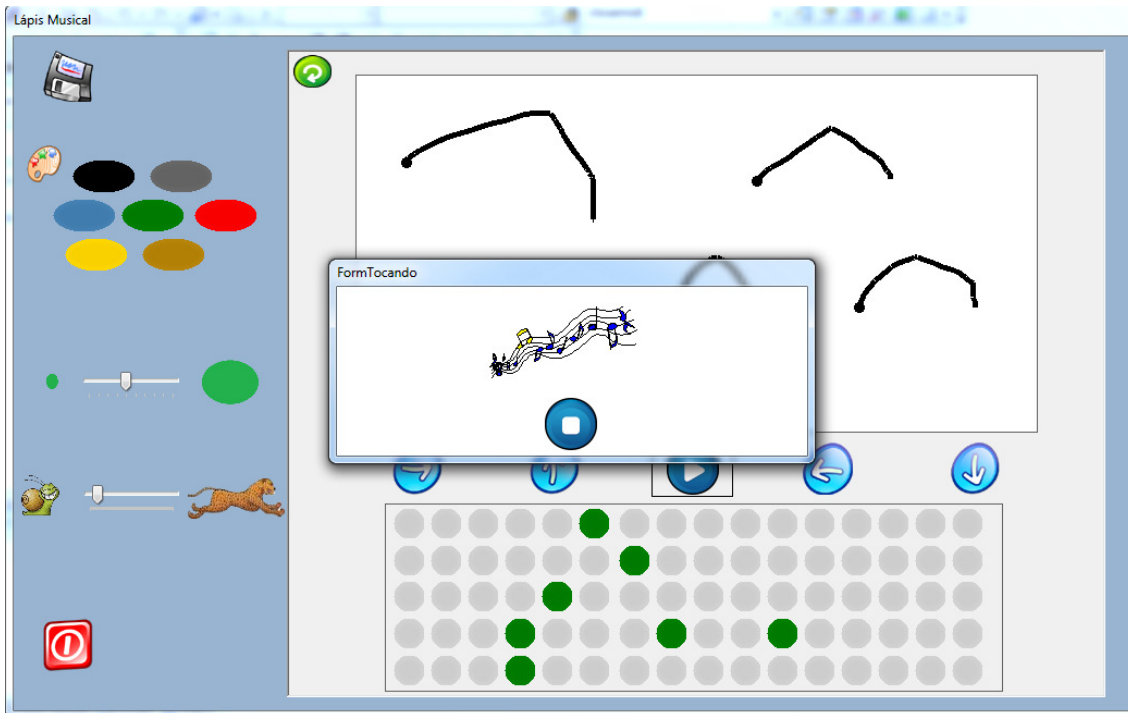


Figura 17 Aplicação a executar reprodução. Visualização do ecrã de reprodução

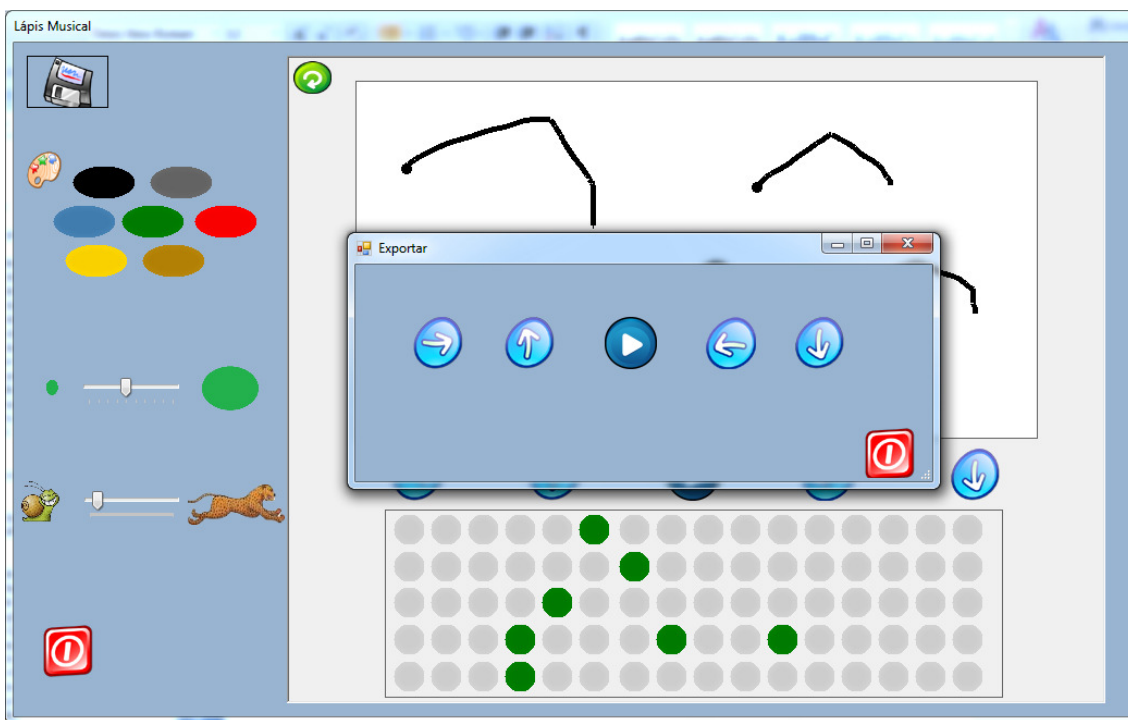


Figura 18 Visualização do ecrã de escolha do modo de reprodução a exportar

Como se pode ver na figura anterior, os botões para seleccionar o modo a exportar são os mesmos que os usados para reproduzir a composição desse mesmo modo. O botão de fecho do ecrã também é o mesmo usado para sair da aplicação. Pretende-se

assim manter a coerência e evitar o uso de demasiados elementos no interface, o que poderia criar confusão.

A figura seguinte demonstra as funcionalidades disponibilizadas ao utilizador durante o uso da aplicação.

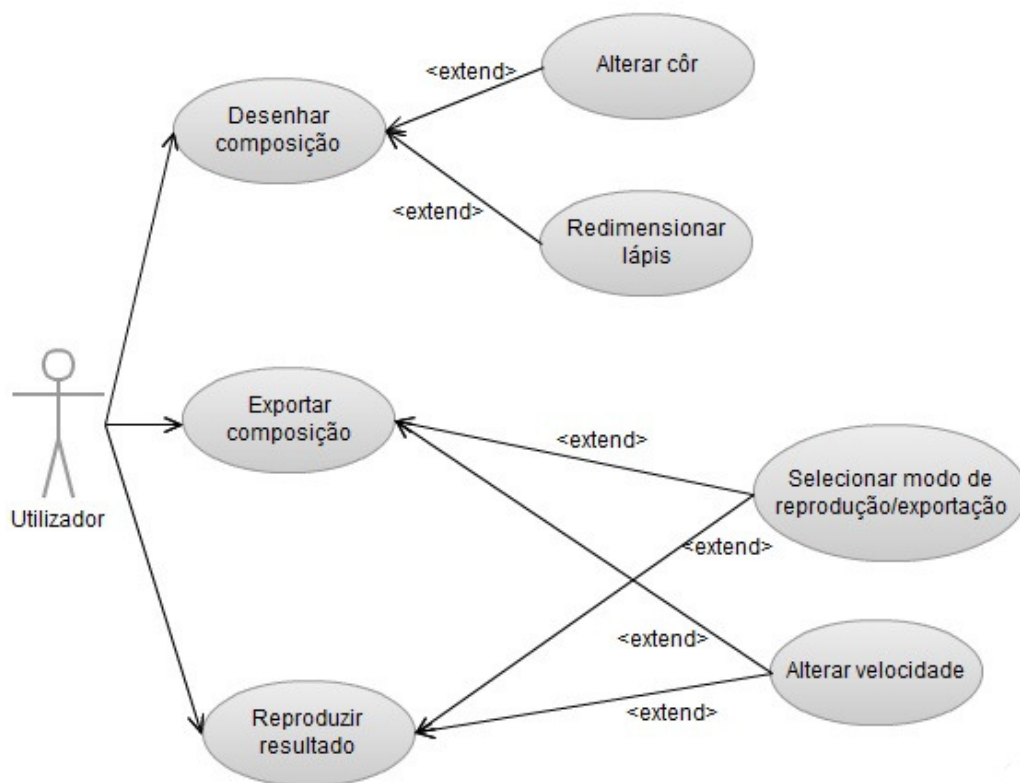


Figura 19 Use Case da Aplicação

Durante o uso da aplicação, o utilizador selecciona uma cor e inicia o desenho, podendo alterar a cor seleccionada sempre que desejar e afectando o desenho apenas desse momento em diante. Se desejar, pode alterar o diâmetro do lápis de desenho afectando uma vez mais o desenho no que for acrescentado desse momento em diante.

Em alternativa, a qualquer momento, no lugar de desenhar pode usar o sistema de composição de bateria, incluído no ecrã inicial, para compor a base rítmica da composição que está a criar.

Assim que o desejar é possível reproduzir a composição criada num dos cinco modos de reprodução disponibilizados, sendo quatro deles direccionais e um histórico.

Por último, é possível ao utilizador exportar a composição criada para ficheiro MIDI (.mid), de acordo com o modo de reprodução pretendido.

A aplicação disponibiliza assim ao utilizador um leque base de ferramentas para desenvolver o seu interesse na música e iniciar o processo de aprendizagem. Pretende-se desta forma que o processo de aprendizagem musical seja mais versátil e seja menos moroso e cansativo de forma a manter os níveis de motivação e interesse do utilizador tão elevados quanto possível.

### 3.5 Métodos de composição

No presente subcapítulo são apresentados e explicados os métodos de composição musical presentes na aplicação.

#### 3.5.1 Composição por Desenho Livre

Como já foi referido, a aplicação possui um sistema de composição musical baseado no desenho livre. Basicamente foi desenvolvido um sistema de relação entre um ponto da imagem e uma nota musical. De seguida é apresentado o referido sistema de composição de um ponto de vista técnico de forma a perceber como é gerida a informação até ao ponto de ser processada para reprodução.

Para armazenar a informação relativa aos pontos principais adicionados à imagem foi desenvolvida uma classe chamada PontoMusical, implementada da seguinte forma:

```
public class PontoMusical
{
    public string notaMidi;
    public Color Cor;
    public Point Ponto;
    public long ticks;

    public PontoMusical(string nota, Color cor, Point p, long mil)
    {
        notaMidi = nota;
        Cor = cor;
        Ponto = p;
        milisegundos =mil;
    }

    public PontoMusical()
    {
    }

    public static List<string> ListaNotas = new List<string>();
}
```

```

public static void PreencherListanotas()
{
    ListaNotas.Add("C3");
    ListaNotas.Add("C#3");
    ListaNotas.Add("D3");
    (...)
    ListaNotas.Add("B7");
    ListaNotas.Add("C7");
}
}

```

#### Extracto de código 1 Classe PontoMusical

A lista do tipo *static* com o nome ListaNotas é usada para armazenar os nomes das notas musicais no formato necessário para serem usados com a biblioteca Toub.Sound.MIDI. Estes dados são posteriormente usados ao calcular as nota associada a cada camada da área de desenho. Assim a camada inferior da área de desenho, será sempre a nota “C3”.

A classe Intervalos é usada para armazenar as várias camadas da área de desenho, e como tal, as várias notas disponíveis. Como se pode ver na definição a seguir mostrada, com esta classe é possível armazenar o intervalo de pontos segundo o eixo vertical, e a nota associada ao mesmo intervalo.

```

public class Intervalos
{
    public int min;
    public int max;
    public string nota;

    public Intervalos(int mi, int ma, string n)
    {
        min = mi;
        max = ma;
        nota = n;
    }
}

```

#### Extracto de código 2 Classe Intervalos

Com a classe PontoMusical é possível armazenar a informação relativa a cada ponto adicionado à imagem de forma a aceder facilmente quando necessário. Para a gestão de todos os pontos é usada uma lista de listas de elementos do tipo PontoMusical.

No fundo existe uma lista para armazenar todos os pontos de cada cor disponível, e uma lista que contem as listas anteriores de modo a facilitar a gestão da informação (ver tabela seguinte). Uma variável global de tipo inteiro e nome *PistaActual*, determinada a cada momento a cor seleccionada e permite aceder directamente à lista de pontos musicais pretendida. A referida variável á actualiza no evento *click* de cada botão de selecção de cor. Na tabela e são representados os níveis da estrutura de armazenamento dos pontos da imagem.

**Tabela 2 Representação da estrutura para armazenamento dos pontos da imagem**

Lista Geral		
-	Lista Cor Preta	PontoMusical1, PontoMusical2, PontoMusical3
-	Lista Cor Cinza	PontoMusical1, PontoMusical2, PontoMusical3

Para o sistema de composição musical são necessários três eventos associados ao rato, sendo esses os seguintes:

- *MouseUp*
- *MouseDown*
- *MouseMove*

Os eventos *MouseDown* e *MouseUp* indicam respectivamente o inicio e fim da acção de desenho. Uma variável booleana chamada *ADesenhar* pertencente ao *UserControl* que constitui a área de desenho á alterada nos referidos eventos.

Nos três eventos é actualizada a lista de pontos musicais para a cor seleccionada com a particularidade de no evento *MouseUp* ser apenas adicionada a letra P como nome da nota, que no contexto da aplicação significa uma pausa. É importante referir que a letra P não é aceite pela biblioteca Toub.Sound.MIDI e a sua função como pausa foi implementada directamente nesta aplicação.

Nos outros dois eventos é sempre necessário calcular a nota associada ao ponto que está a ser adicionado e posteriormente adiciona-la à lista correcta.

Uma função de nome `DesenharTocarNota` é responsável por todo este processo, sendo de seguida apresentado o seu algoritmo.

```
//variável ponto representa a estrutura do tipo point a adicionar ao
//desenho
Se (ponto.x < imagem.comprimento e ponto.y < imagem.altura)
{
    Se (ListaPontosCorActual.TotalPontos>1 e
        ListaPontosCorActual.UltimoElemento != "P")
    {
        NoteOff(Notaanterior);
    }
    ListaPontosCorActual.AdicionarElemento(CalcularNota(ponto),CorAc
tual,ponto, Datetime.now.ticks);
    TocarNota(ListaPontosCorActual.UltimoElemento.NotaMIDI);
    Imagem.AdicionarPonto();
    RefrescarImagem();
}
```

#### Extracto de código 3 Adicionar Ponto Musical

A adição do ponto à imagem é feita com recurso às classes `System.Drawing.Graphics` e `System.Drawing.Pen`. Para adicionar o ponto é testado o total de pontos na lista. Se for apenas um, é usado o método `DrawEllipse` da classe `Pen`, caso contrário é usado o método `DrawLine` da mesma classe. Por esta razão, os pontos isolados possuem um diâmetro superior aos pontos constituintes de uma linha contínua. O diâmetro usado na classe `Pen` está directamente relacionado com o regulador à disposição do utilizador.

No algoritmo acima, aparecem duas funções, `TocarNota` e `CalcularNota` quem importa explicar. Na função `TocarNota` é alterado o instrumento a sintetizar para estar de acordo com a cor seleccionada actualmente. Posteriormente é testada a nota MIDI recebida por parâmetro, se for diferente de P é chamado o evento *NoteOn* para a nota em questão.

Já a função `CalcularNota` é a responsável por determinar a nota MIDI com base no ponto passado por parâmetro. Nesta função é executado um ciclo com o objectivo de percorrer a lista de intervalos descrita anteriormente e verificar em que intervalo se encontra o ponto recebido. Encontrado o intervalo é retornada a nota correspondente ao mesmo e interrompido o ciclo.

### 3.5.2 Composição de pista de bateria

Devido às suas características, o método de composição da pista de bateria foi sujeito a ponderação. De facto o modelo de composição proposto é mais adequado a instrumentos capazes de produzir melodia, o que não se verifica na bateria.

Para esse tipo de instrumentos, além de ser possível reproduzir sons isolados, através do desenho de pontos, o programa permite também desenhar uma linha através da área de desenho reproduzindo as variações de tom (ponto do desenho) numa melodia contínua.

No entanto, a bateria não conseguiria tirar partido desta funcionalidade.

Uma bateria é composta por vários componentes independentes, sendo usualmente os básicos, como pode também ser verificado na figura 20:

- Bombo,
- Tarola,
- Pratos de choques,
- 3 Timbalões,
- 2 Prato *Crash*.

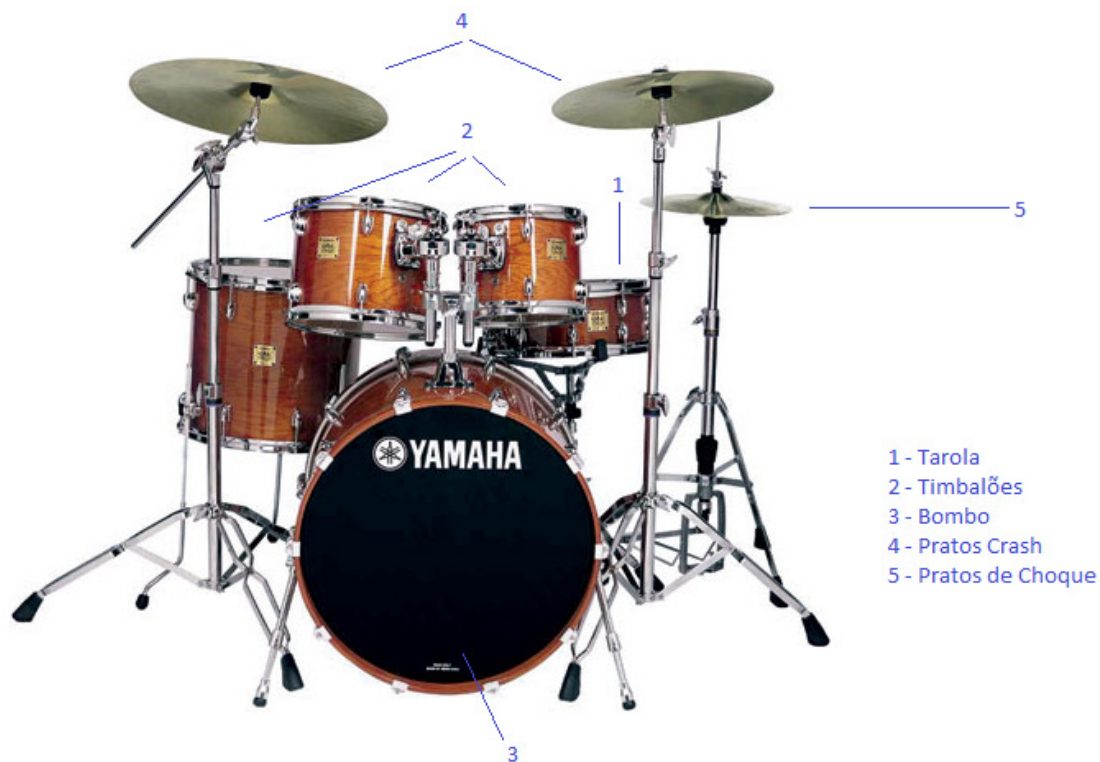


Figura 20 Esquema de uma bateria acústica

Dos componentes anteriormente descritos foram incluídos neste projecto:

- Tarola,
- Bumbo,
- Pratos de Choques,
- 1 Timbalão,
- 1 Prato *Crash*.

Se considerarmos cada componente como uma nota do instrumento bateria, seria possível usar o modelo de composição deste projecto, pois na mesma situação em que os outros instrumentos mudam de nota, neste caso seria alterado o componente a reproduzir.

Esta solução permitiria escrever composições básicas de bateria. O nível dessas mesmas composições não seria no entanto equivalente ao das possíveis de criar com outro instrumento, tendo em conta as capacidades e objectivos de cada instrumento.

Uma bateria, como instrumento de percussão possui características e objectivos próprios, ao nível de composição.

Quando usada como acompanhamento rítmico, a composição da bateria segue de um modo geral um padrão que é repetido. Sobre essa repetição são reproduzidos os outros instrumentos.

Assim com o modelo proposto existiriam algumas limitações para composição de bateria:

- Ao nível do desenho, uma composição convencional de bateria não seria mais do que uma série de pontos isolados em várias camadas horizontais. Apesar de ser possível desenhar uma linha contínua, não teria, devido à natureza do instrumento, as características melódicas que seriam de esperar, e que resultam quando se trata de outro instrumento.

Ao nível da composição, mesmo um utilizador mais avançado poderia ter dificuldade em desenhar o ponto na camada correcta para reproduzir o som pretendido. As várias camadas, que reflectem as notas, existem implicitamente e a sua divisão não é visível pelo utilizador.

Estas limitações levaram à separação da composição da bateria da dos restantes instrumentos, pelo que permitiu definir um sistema mais adequado às características da bateria, que fosse igualmente intuitivo para novos utilizadores, e não limitativo para utilizadores mais avançados.

Assim, para a bateria definiu-se um sistema de composição independente, desta vez semelhante a outras aplicações, como por exemplo o Editor Musical.

Este modelo de composição específico consiste numa série de pistas horizontais, constituídas por pontos. Cada pista corresponde a um componente da bateria e os pontos são os instantes/batidas durante a reprodução, cada um correspondendo directamente a uma BPM. Assim, por base os pontos terão a cor cinzenta, indicando que estão desligados, e o utilizador pode activa-los, bastando para isso carregar no ponto pretendido. Para desligar basta usar o mesmo processo. Ao activar um ponto é reproduzido o som correspondente à pista em que se activou o ponto.

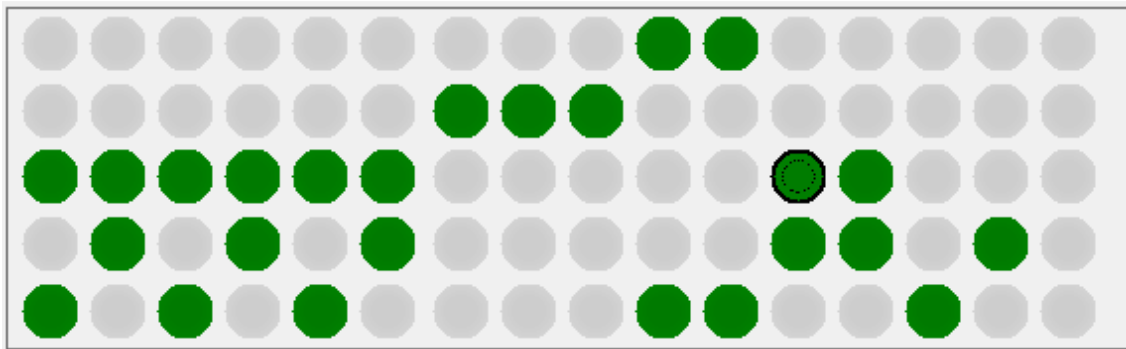


Figura 21 Sistema de composição de bateria

A figura 21 apresenta o sistema descrito anteriormente na qual é possível verificar a distinção entre os pontos activados e os desactivados. Como referido anteriormente, cada linha do sistema apresentado corresponde ao som de um elemento de bateria. No entanto, e como acontece com as cores disponíveis para desenhar, a associação entre cada linha e o elemento correspondente não é visualmente explícita. Assim se pretende afastar tanto quanto possível esta aplicação dos conceitos e elementos musicais tradicionais. A associação visual/sonora deve ter em conta, e de forma directa a linha do sistema e o som gerado, para que, apesar de estar a compor uma pista de bateria, o utilizador mentalmente não inclua a bateria na associação referida.

Apesar de o modelo de composição de bateria não se basear no desenho, que reflecte o objectivo desta dissertação de desenhar um modelo livre e inovador, foi ainda assim a melhor solução encontrada ao nível de composição para um instrumento tão específico. Para esta situação em concreto foi privilegiada a usabilidade em detrimento de inovação, pelo que o correcto uso da bateria poderá potencializar as capacidades do modelo de composição padrão.

### 3.6 Métodos de Reprodução

A relação entre um ponto no desenho e uma nota musical é estabelecida tendo em conta a localização do ponto segundo o eixo vertical. A margem de inferior da área de desenho corresponde à nota mais grave possível e à medida que se sobe as notas vão ficando mais agudas (Figura 22).

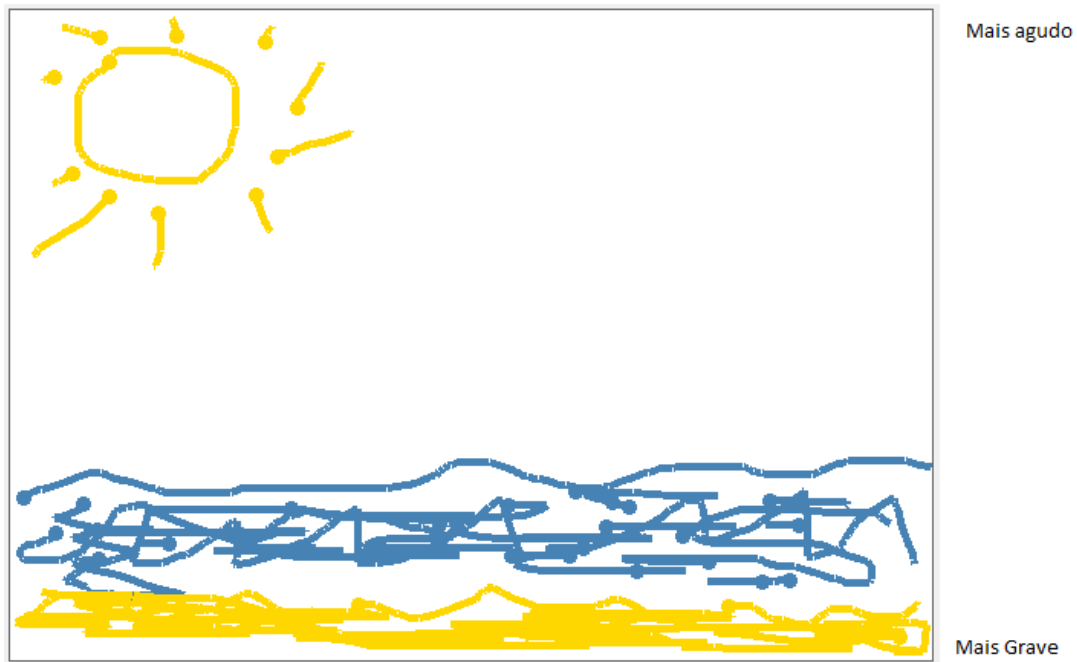


Figura 22 Relação entre ponto do desenho e nota musical

Para determinar que nota musical se associa a determinado ponto, a área de desenho é dividida pelo programa num determinado número de parcelas horizontais. Uma variável armazena o número de parcelas definidas que funcionam assim como os trastes de uma guitarra ou teclas de um piano. Cada parcela corresponde a uma nota. Dividindo a altura em pixéis da área de desenho pelo numero de parcelas obtêm-se os intervalos de pixéis para cada nota. Esta informação é guardada numa lista para rápido acesso aquando dos eventos associados à criação de novos pontos.

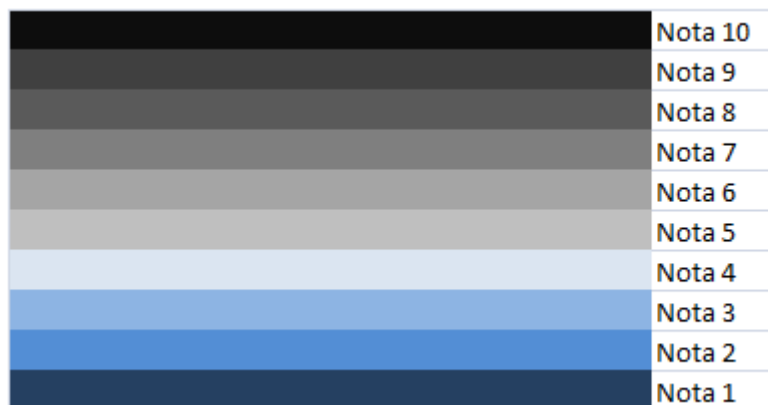


Figura 23 Divisao da área de desenho em parcelas

Como se pode ver pela figura 23, alterando o numero de parcelas aumenta-se o numero de notas e por conseguinte o leque de sons à disposição do utilizador. A gestão deste valor é feita pelo utilizador aumentando ou diminuindo o diâmetro do “lápiz” de desenho. A quantidade de notas varia na proporção inversa ao tamanho da

“lápiz”. Menor diâmetro dá mais pormenor de desenho logo mais notas disponíveis, menor diâmetro terá consequências contrárias.

Esta divisão do espaço de desenho è implícita pelo que não é visível para o utilizador. Para este a área de desenho aparece de forma convencional, totalmente preenchida por uma cor sólida, por defeito, branca.

De um modo geral as aplicações musicais reproduzem as composições processando as pistas/notas da esquerda para a direita. Este sistema permite definir a duração de uma nota ou o tempo de intervalo entre 2 notas consecutivas. Quanto maior a distância entre as 2 notas no plano horizontal maior é a duração da 1ª nota ou o intervalo de tempo entre as 2.

Como o objectivo deste projecto é criar novas formas e interfaces gráficos para aprendizagem e composição musical recorrendo á multimédia este ponto foi também tido em conta. Assim, várias formas de leitura estão implementadas permitindo reproduzir a composição (desenho) em todas as direcções e ainda num modo “histórico” em que reproduz todos os sons pela ordem em que foram criados, tendo em conta também o intervalo de tempo entre a sua criação. Este modo de reprodução será o mais intuitivo e aquele que mais aproxima a aplicação a um instrumento musical pois dá a clara noção do que se está a criar e reflecte mais realisticamente o que o utilizador sentia enquanto compositor.

### **3.6.1 Modos de Reprodução Direccional**

A aplicação disponibiliza quatro modos de reprodução direccional:

- Esquerda para Direita;
- Baixa para Cima;
- Direita para Esquerda;
- Cima para Baixo.

Nestes modos de reprodução da composição não é processada a informação contida nas listas de pontos musicais e que são preenchidas à medida que o utilizador desenha. De facto são processados todos os pixéis da imagem e calculada a composição musical intrínseca à imagem de acordo com a direcção seleccionada.

Para a direcção Esquerda-Direita o processo dá-se da seguinte forma.

A MIDISequence é construída recorrendo a 3 ciclos, cada um executado dentro das iterações do anterior. Assim temos:

- Ciclo nível 1, este ciclo executa uma iteração por cada cor disponível ao utilizador, que por convenção se definiu um total de sete cores. O resultado de cada iteração deste ciclo é uma MIDITrack que é adicionada à MIDISequence final. No Início de cada iteração é instanciada uma MIDITrack e adicionado o 1º evento, cuja função é alterar o instrumento a sintetizar de acordo com a relação entre as cores e os instrumentos associados;
- Ciclo nível 2, responsável por percorrer a lista de pixéis da imagem segundo o eixo horizontal;
- Ciclo nível 3, responsável por percorrer a lista de pixéis da imagem segundo o eixo vertical, na direcção Cima-Baixo.

Assim para cada cor ou iteração do ciclo de nível 1 são percorridos todos os pixéis da imagem – através dos níveis 2 e 3 – e testada a cor do mesmo. Se for branco, então esse pixel não foi preenchido e é adicionado um evento de pausa através do evento *NoteOff*. Caso contrário é testada a cor encontrada e a sua relação com a cor correspondente à iteração do 1º ciclo. Se coincidirem então é adicionado um evento *NoteOn* para a nota a que corresponde a posição vertical do pixel. Sempre que a nota a adicionar for diferente da última nota adicionada é adicionado antes do *NoteOn* um evento *NoteOff* para terminar a reprodução do som anterior e evitar a sobreposição dos dois sons. Após adicionar o evento é provocado o final do ciclo de nível 3, pois novos pixéis encontrados seriam adicionados à frente e não de forma a serem sintetizados em simultâneo.

É apresentado de seguida o pseudo-código respectivo ao algoritmo descrito acima:

```
//Variáveis
Lista<MIDITrack> ListaMIDITracks;
Bool pausa=verdade;
Bool pixel_e_uma_nota=falso;
MIDISequence Sequencia;

//Algoritmo
For indice_cor= 0; até indice_cor =7; indice_cor = indice_cor +1
{
    ListaMIDITracks.AdicionarNovaMIDITrack;
    ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(AlterarInstrumento
);
```

```

For i=0; i<imagem.comprimento; i=i+1
{
    Pausa=verdade;

    For x=0; x<imagem.altura; x=x+1
    {
        pixel_e_uma_nota=falso;
        Se imagem.ObterCorPixelEmCoordenadas(i,x) != branco
        {
            Se  imagem.ObterCorPixelEmCoordenadas(i,x) =
preto e indice_cor = 0
            {
                pixel_e_uma_nota=verdade;
            }

            //Repetido o teste para as restantes seis cores
        }

        Se pixel_e_uma_nota=verdade = verdade
        {
            Pausa=falso;
            Ultimanota_temporaria=ultimanota;
            Ultimanota=CalcularUltimanota(i,x);
            Se ultimanota diferente de ultimanota_temporaria
            {
                ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(N
oteOff(ultimanota_temporaria))
            }

            ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(NoteOn(
ultimanota))

            Break; //permite sair do ciclo de nível 3
        }
    }

    Se pausa = verdade
    {

```

```

        ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(NoteOff
            (ultimanota_temporaria))

    }

}

ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(NoteOff(ultimanota
_temporaria));

ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(FimdeMIDITrack);
Sequencia.AdicionarMIDITrack(ListaMIDITracks[indice_cor]);
}

```

#### Extracto de código 4 Reprodução em modo direccional

Através da execução do algoritmo acima descrito, com o processamento dos pixels da imagem e a sua conversão para notas musicais obtêm-se uma MIDISequence, com a lista de MIDITracks e respectivas listas de eventos prontos a serem enviados para um sintetizador MIDI. No entanto é ainda necessário definir a duração de cada evento, tendo também em conta o valor armazenado relativo às BPMs para a composição. Tendo em conta que este valor pode ser alterado pelo utilizador é indispensável que a sua variação provoque alterações no resultado final.

Cada BPM representa uma batida por minuto, no entanto se definíssemos cada pixel como uma batida, e tendo em conta que a imagem tem cerca de 600 pixels de comprimento, a reprodução da composição duraria vários minutos, o que poderia tornar-se monótono e aborrecido para o utilizador.

Numa primeira tentativa foi testada a relação directa entre o comprimento da imagem e o valor de BPMs, através da divisão do comprimento pela referida variável. No entanto a duração de cada nota era demasiado curta. Após vários testes e num sistema de tentativa erro, determinou-se a multiplicação do comprimento da imagem pelo valor constante de 3, sendo depois o resultado dividido posteriormente pelo valor de BPMs.

Ficou então definida a fórmula para calcular a duração da reprodução de cada nota neste modo de reprodução como:  $Duracao = ((Imagem.comprimento * 3) / BPMs)$ . Este valor é calculado antes da execução do algoritmo de processamento da imagem e o seu resultado é passado como parâmetro nos eventos *NoteOn* e *NoteOff*.

### 3.6.2 Reprodução em Modo Histórico

O modo histórico foi desenvolvido de dar à aplicação mais realismo, no que a tocar um instrumento se refere. Neste modo a composição é reproduzida de forma fiel relativamente ao processo de composição.

Contrariamente a outras aplicações e aos modos direccionais disponibilizados por esta aplicação, no modo Histórico não é processado o resultado da imagem mas sim a forma como se obteve a mesma.

À medida que o utilizador adiciona pontos à imagem, são também preenchidas várias listas, uma por cada cor, com informação relativa à nota a que cada ponto corresponde, assim como o tempo que o utilizador demorou a adicionar este ponto, relativamente ao anterior.

Ao reproduzir a composição em modo Histórico as referidas listas são processadas originando cada uma, uma MIDITrack, correspondendo aos pontos/notas de cada cor. As várias MIDITracks são convergidas no final numa MIDISquence e esta é enviada para reprodução.

Tecnicamente o processo dá-se através de 2 ciclos, em que um é executado em cada iteração do primeiro:

- Ciclo de nível 0, cada iteração corresponde ao processamento dos dados para uma cor sendo o seu resultado uma MIDITrack que é adicionada à MIDISquence final. No início da iteração, é criado um novo objecto do tipo MIDITrack e adicionado o primeiro evento cuja função é alterar o instrumento a sintetizar para esta MIDITrack.
- Ciclo de nível 1, cada iteração corresponde ao processamento de um item da lista de pontos associada à cor em processamento pelo ciclo de nível 0. Em cada iteração é calculada a duração do evento responsável por sintetizar o som pretendido é feito um teste para verificar se o item em questão corresponde de facto a uma nota ou a uma pausa. No caso de ser uma pausa adiciona-se o evento *NoteOff*, caso contrário adiciona-se um evento *NoteOn* à MIDITrack.

Assim para cada iteração do ciclo de nível 0 é executado um novo ciclo responsável por preencher uma MIDITrack com os eventos correctos. No final as várias MIDITracks são adicionadas a uma MIDISquence correspondendo à composição desenvolvida pelo utilizador.

Relativamente à duração da nota, esta é baseada no tempo que o utilizador demorou a adicionar o respectivo ponto ao desenho, tendo em conta o ponto anteriormente adicionado. Este valor é adicionado em *ticks*, através da propriedade `DateTime.Now.Ticks`, disponibilizada pelo C#. este valor representa a quantidade de *ticks* que ocorreram desde 01-01-0001 que é o valor mínimo de data aceite pelo C#. Um *tick* equivale a 100 nanossegundos.

Durante a iteração do ciclo de nível 1, é subtraído o valor de *ticks* do item actual ao do item seguinte. O resultado é depois dividido por uma constante disponibilizada pelo C#, `TimeSpan.TicksPerMillisecond` o que permite obter a diferença de tempo que o utilizador demorou a adicionar os dois pontos, em milissegundos, que é a unidade pretendida para passar ao evento *NoteOn*. O valor da duração está limitado a 7000 milissegundos (7 segundos) como modo de prevenir longas pausas não intencionais. Por exemplo a mudança de cor e volta à cor inicial certamente iria provocar uma diferença superior a 7 segundos entre os dois pontos da primeira cor, sem que no entanto essa fosse a intenção do utilizador.

É de seguida apresentado o pseudo-código demonstrando o algoritmo descrito:

```
//Variaveis
Lista<MIDITrack> ListaMIDITracks;
MIDISequence Sequencia;
Long tempo = 0;

//Algoritmo
For indice_cor =0; indice_cor <7; indice_cor = indice_cor +1
{
    ListaMIDITracks.AdicionarNovaMIDITrack;
    ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(AlterarInstrumento
);

    For i=0; i< Lista_Pontos_Cor_Actual.Total_Pontos; i=i+1
    {
        Se (i + 1) < Lista_Pontos_Cor_Actual.TotalPontos
        {
            Tempo=          Lista_Pontos_Cor_Actual[i+1].ticks-
Lista_Pontos_Cor_Actual[i].ticks;
            Tempo= tempo/TimeSpan.TicksPerMillisecond;
        }
    }
}
```

```

        Se tempo > 7000
        {
            Tempo=3000;
        }

        Se = Lista_Pontos_Cor_Actual[i].nota != "P"
        {
            ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(NoteOn)
;
        }
        Senão
        {
            ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(NoteOff
);
        }
    }
    ListaMIDITracks[indice_cor].Eventos.Adicionar(FimdePista);
    Sequencia.MIDITracks.Adicionar(ListaMIDITracks[indice_cor]);
}

```

Extracto de código 5 Reprodução em modo histórico

## 3.7 Outras funcionalidades

Ao longo do projecto foram ainda desenhadas diversas funcionalidades que por falta de tempo ou outras limitações não foram implementadas na aplicação até ao final do tempo estipulado. As referidas funcionalidades são a seguir enumeradas e descritas.

### 3.7.1 Pauta Musical

Este conceito consiste em apresentar uma pauta musical convencional com as notas correspondentes aos pontos no desenho. Na pauta poderá haver funcionalidade de gestão que permita alterar a ordem de determinadas notas ou inclusive remover notas, o que neste caso implicaria a remoção do ponto da lista de pontos para a respectiva cor e a mudança da cor dos pixéis correspondentes para branco. Adicionalmente, na própria pauta ou através de um elemento auxiliar deve ser possível demonstrar ao utilizador o ponto específico que originou cada nota. Uma das dificuldades será precisamente o método de demonstração da origem da nota pois os pontos só se diferenciam quando mostrados no desenho global, isoladamente são apenas pontos e

por isso todos iguais. E mesmo quando mostrados em conjunto na imagem, um pixel é demasiado pequeno para se poder dar conveniente destaque.

Em alternativa podem ser considerados segmentos de pontos. Desta forma, e apesar de as notas serem mostradas de forma independente, é mostrado o segmento de pontos que as originou, e a gestão é realizada tendo como elemento base o segmento completo.

Outra dificuldade encontrada está em relacionar a duração de cada nota com a sua representação convencional na pauta. Na pauta clássica está definida uma simbologia para representar a duração de cada nota (Figura 24). Esta simbologia é relativa entre os vários símbolos representando cada um o dobro do tempo do anterior. Na prática a duração real e absoluta é definida através do relacionamento desta simbologia com a velocidade da música em BPMs. Na figura seguinte, o primeiro elemento da terceira linha, chamado seminima, é equivalente a uma BPM.

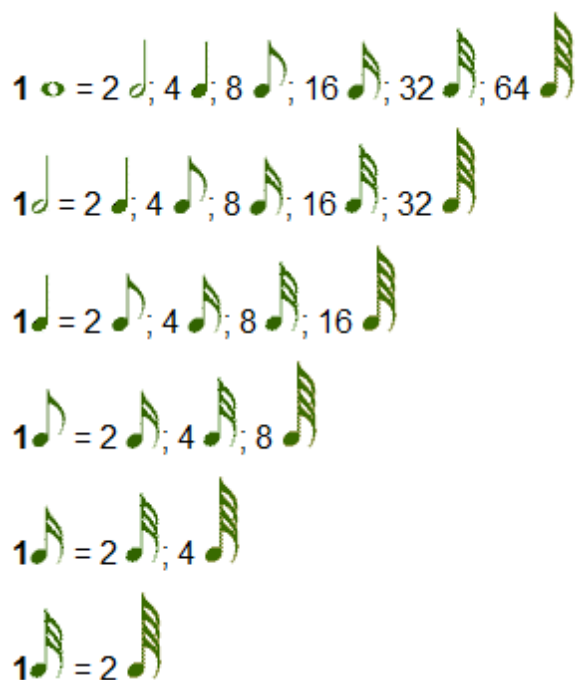
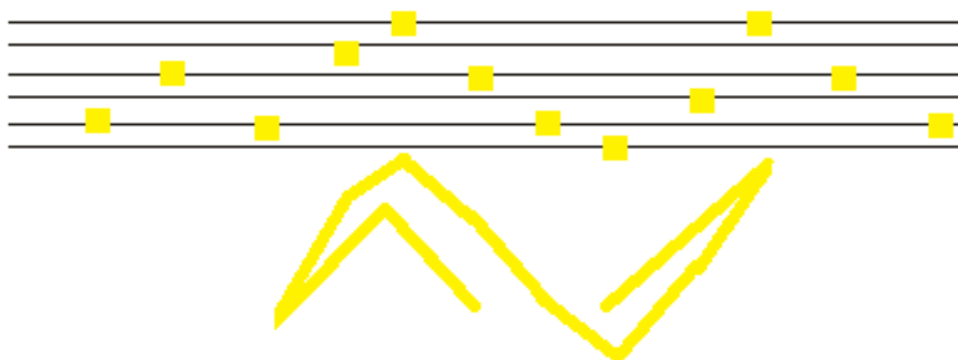


Figura 24 Relação entre simbologia musical de duração de uma nota

Existem ainda mais alguns símbolos que permitem entre outras funcionalidades, reduzir a duração de qualquer dos símbolos anteriores para 1/3 do mesmo ou aumentar em metade.

Relembrando que a aplicação gere a duração na medida *ticks* posteriormente a converte para milissegundos, dando assim total liberdade ao utilizador relativamente à duração de cada nota, será normal a existência de casos em que o valor da duração

não estará de acordo com a simbologia convencional. Se por um lado o objectivo do projecto era quebrar as barreiras convencionais rígidas e como tal nesse âmbito esta situação não gera qualquer problema, já para o desenvolvimento desta funcionalidade de aprendizagem poderá constituir uma importante limitação.



**Figura 25** Possível esquematização de uma pauta musical no âmbito da aplicação

A figura 25 é uma esquematização de uma possível representação das pautas, neste caso seria equivalente aos pontos da cor amarela. Os quadrados deverão ser substituídos pelo elemento gráfico correspondente à duração da nota, de entre as apresentadas na figura 26. De salientar que as notas na pauta e os pontos no segmento de pontos representado abaixo da pauta não devem necessariamente aparecer pela mesma ordem segundo a direcção Esquerda-Direita ou até qualquer outra direcção, pelo facto de que o que conta por defeito na aplicação é a ordem pela qual os pontos foram criados. Poderá no entanto ser implementado de forma para que ao reproduzir, no ecrã de reprodução, ser possível visualizar a pauta de acordo com o modo de reprodução seleccionado, podendo inclusive mudar a cor de cada ponto no momento em que está a ser sintetizada nota a ele correspondente.

### **3.7.2 Delimitação das Notas por Escala**

Com a contínua utilização da aplicação, ou no caso de utilizadores mais velhos e próximos do limite máximo de idade do público-alvo, pode existir a vontade de consolidar os conhecimentos musicais teóricos. Uma das funcionalidades definidas nesse sentido é a delimitação de notas por escala.

Como já foi explicado, implicitamente a aplicação divide a área de desenho em segmentos horizontais, cada um correlacionado com uma nota musical. Com a funcionalidade presentemente descrita pretende-se que essa divisão se torne visível

ao utilizador, com o acréscimo de determinadas notas ficarem em destaque, através da alteração do fundo dos respectivos segmentos horizontais na área de desenho.

Uma escala musical é uma série de notas musicais, organizadas normalmente da mais grave para a mais aguda e com determinadas características nomeadamente ao nível do intervalo entre as notas, do número de notas e do ambiente que proporcionam.

Assim esta funcionalidade deveria destacar as notas pertencentes a uma escala previamente seleccionada pelo utilizador.

### **3.7.3 Modo de Composição/Reprodução em Banda**

Através desta dissertação pretende-se definir novos métodos de aprendizagem e composição musical para crianças, recorrendo às tecnologias multimédia. A aplicação deve ser capaz de permitir obter resultados práticos de aprendizagem e composição inovando nos métodos e enriquecendo a experiência.

Assim uma nova funcionalidade tem lugar na aplicação. Convergindo as funcionalidades de composição e reprodução, poderá ser implementado o modo “Banda”. Neste modo é possível ao utilizador executar a reprodução parcial da composição permitindo que continue a compor para os elementos que não estão em reprodução.

O conceito inicial é permitir que o utilizador execute a reprodução do esquema de bateria sem que esta acção bloqueie as opções de composição, ou seja, o utilizador deve estar habilitado a continuar a desenhar.

Num modo mais avançado desta funcionalidade pode ser disponibilizada ao utilizador a opção de executar a reprodução de mais elementos que apenas a bateria. Nomeadamente poderá executar a reprodução da bateria e de mais um determinado número de cores, que na aplicação correspondem a instrumentos, e compor nas restantes cores, não bloqueadas pela execução.

Além de enriquecer a experiência de utilização da aplicação, é um bom método no auxílio da aprendizagem do utilizador simulando a aplicação dos conceitos apreendidos num ambiente semelhante a uma banda.

### **3.7.4 Sons genéricos**

Uma composição musical não tem que se restringir a notas e instrumentos clássicos e convencionais. Para um compositor, um maior leque de sons significa um maior leque

de possibilidades de criação e caminhos a seguir o que enriquece a composição final e a própria experiência de composição.

Assim para a aplicação será interessante quer do ponto de vista musical quer gráfico implementar um sistema de sons genéricos. Por som genérico deve entender-se um som único, não necessariamente criado por um instrumento musical. Estes sons podem ser campainhas ou sinos ou então notas específicas de um determinado instrumento. O ponto principal é que seja um som constante e independente da localização do elemento gráfico associado ao mesmo, na imagem. Deverá assim ser uma relação directa Som-Elemento Gráfico sem qualquer variação.

A nível gráfico, existe igualmente liberdade para o uso de qualquer elemento que se pretenda, desde que seja único e invariável. Elementos válidos seriam figuras geométricas ou outros símbolos.

Com o cumprimento destas duas regras base, seria possível oferecer novas funcionalidades ao utilizador mantendo uma lógica que lhe permitiria usar essas mesmas funcionalidades de forma propositada e explícita de acordo com as suas pretensões para o resultado final da composição.

Para esta funcionalidade, existe no entanto a limitação do uso de MIDI. O uso de ficheiros .wav ou .mp3 permitiria aplicar sons mais ricos e realistas á composição mas devido ao uso do MIDI como tecnologia base do sistema, essa opção torna-se menos viável devido à dificuldade de juntar as duas/três tecnologias num só resultado final.

### 3.8 Tecnologias Usadas

As características da tecnologia MIDI fazem da mesma a mais indicada para uma aplicação de composição musical, principalmente devido ao facto de não implicar trabalhar directamente o som mas sim um conjunto de eventos que permitem sintetizar os sons pretendidos. Desses eventos interessa destacar *NoteOn*, *NoteOff* e *ProgramChange*.

*NoteOn* e *NoteOff* servem respectivamente para iniciar e parar a reprodução de uma nota. Para estes eventos é fornecida informação relativa às seguintes características:

- Duração, duração do evento;
- Canal MIDI, o canal onde deve ser sintetizado o som;
- Nota, o tom do som a reproduzir;
- Intensidade, pode ser associada ao volume do som.

*ProgramChange* é o evento utilizado para alterar o instrumento associado a um canal MIDI.

Para a integração de MIDI na aplicação foram testadas bibliotecas já desenvolvidas, das quais se destaca a MIDIToolkit desenvolvida por Leslie Sanford e a Toub.Sound.MIDI desenvolvido por Stephen Toub por serem as que melhor se adaptavam às necessidades deste projecto.

Ambas foram implementadas em versões de teste da aplicação sendo que após os testes foi determinado o uso da biblioteca Toub.Sound.MIDI. Nesta decisão foi tido em conta a usabilidade das funções, e as capacidades demonstradas, nomeadamente na usabilidade dos elementos MIDI e aplicabilidade na aplicação.

A biblioteca Toub.Sound.MIDI facilita a gestão da composição MIDI ao disponibilizar elementos como MIDISequence e MIDITrack. MIDISequence é o equivalente a um ficheiro MIDI em formato 1 (Figura 26) e MIDITrack é o conjunto de eventos MIDI que permitem posteriormente reproduzir a composição musical.

Os eventos NoteOn e NoteOff, ao contrário do que sucede em outras bibliotecas, recebem o parâmetro relativo à nota em formato texto, de acordo com notação musical real.

Assim cada nota corresponde a dois caracteres no mínimo, uma letra e um número, sendo a letra o tom e o número a escala. Para os sustenidos usa-se o #. Exemplo de um Dó sustenido poderá ser C#3.

Midi Sequence	MIDI Track 0	Evento 0, evento 1, evento 2, evento 3...
	MIDI Track 1	Evento 0, evento 1, evento 2, evento 3...
	MIDI Track 2	Evento 0, evento 1, evento 2, evento 3...

Figura 26 Estrutura MIDI em formato 1

Relativamente à reprodução da MIDISequence gerada, uma limitação na biblioteca Toub.Sound.MIDI, que não possui métodos de reprodução forma assíncrona, resultou na necessidade de desenvolver um método que permitisse esse modo de reprodução. A solução encontrada foi recorrer directamente à biblioteca multimédia do Windows, nomeadamente winmm.dll.

Através do uso do método `mciGetErrorString` da referida biblioteca é possível enviar instruções para o controlador MIDI do Windows e assim foi possível desenvolver uma função em C# capaz de reproduzir ficheiros MIDI (.mid) de forma assíncrona de forma a permitir a continuação do uso da aplicação. É importante referir que ainda assim, não é possível desenhar durante a reprodução pois o sintetizador MIDI fica reservado.

Assim para reproduzir a `MIDISequence`, gerada em qualquer um dos modos de reprodução explicados mais à frente nesta dissertação, esta é inicialmente gravada num ficheiro temporário sendo depois esse ficheiro reproduzido com recurso à biblioteca `winmm.dll`. O seguinte extracto de código representa a funcionalidade descrita.

```
[DllImport("winmm.dll")]
    public static extern int mciGetErrorString(int errCode,
        StringBuilder errMsg, uint buflen);

    [DllImport("winmm.dll", EntryPoint = "mciSendStringA")]
    private static extern int mciSendString(string lpstrCommand,
        string lpstrReturnString, int uReturnLength, IntPtr hwndCallback);

    public static bool PlayMidiFile(string midiFile, IntPtr
handle)
    {
        if (File.Exists(midiFile))
        {
            mciSendString("stop midi", "", 0, IntPtr.Zero);
            mciSendString("close midi", "", 0, IntPtr.Zero);
            string c= "open sequencer!" + midiFile + " alias
midi";

            int r1 = mciSendString(c, null, 0, IntPtr.Zero);
            int r2 = mciSendString("play midi notify", "", 0,
handle);

            StringBuilder sb1 = new StringBuilder(128);
            StringBuilder sb2 = new StringBuilder(128);

            mciGetErrorString(r1, sb1, 128);
```

```

        mciGetErrorString(r2, sb2, 128);

        return (r2 == 0);
    }
    else
        return false;
}

```

#### Extracto de código 6 Reprodução de ficheiro MIDI

Ao terminar a reprodução é gerado um evento. Nesse evento é libertado o sintetizador e novamente reservado para a biblioteca Toub.Sound.MIDI.

Para capturar o evento foi necessário fazer *override* ao evento DefWndProc da classe Form (Extracto de código 7). Este evento recebe como parâmetro uma mensagem que é testada no sentido de verificar se o fim da reprodução foi a origem do evento.

```

protected override void DefWndProc(ref Message m)
{
    try
    {
        if (m.Msg == MM_MCINOTIFY)
        {
            switch (m.WParam.ToInt32())
            {
                case MCI_NOTIFY_SUCCESS:
                {
                    // success handling
                    FormTocando1.DialogResult =
                    DialogResult.OK;
                    MIDIAssyncPlayer.FecharMIDI();
                    MidiPlayer.OpenMidi();
                    break;
                }
                default:
                    break;
            }
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {

```

```
        MessageBox.Show(ex.Message);  
    }  
    base.DefWndProc(ref m);  
}
```

**Extracto de código 7 Testar fim de reprodução**

# Capítulo 4 – Estudo de Caso

---

Este capítulo foca-se na apresentação de um estudo realizado na fase final da presente dissertação, começando por enumerar os objectivos propostos do referido estudo e a metodologia proposta para o mesmo.

São de seguida apresentadas as limitações e dificuldades encontradas durante o estudo, os resultados obtidos e as conclusões possíveis de extrair com base nesses mesmos resultados.

## 4.1 Contextualização

Com este estudo pretende-se perceber de que modo a aplicação e mais concretamente o interface gráfico desenvolvido cumprem de facto os objectivos propostos na presente dissertação.

Mais concretamente intentava-se verificar os níveis de usabilidade e funcionalidade da aplicação quando usada por utilizadores no âmbito do público-alvo definido para este projecto ao mesmo tempo que se avaliava também determinados aspectos psicológicos do utilizador como o grau de motivação, atenção ou aparente agrado para com o uso da aplicação.

## 4.2 Processo de Avaliação

Tratando-se de uma aplicação informática, de forma a avaliar correctamente o seu desempenho foi necessário verificar as suas funcionalidades durante o seu uso por parte de utilizadores englobados no âmbito do público-alvo definido nesta dissertação, que nesta situação, contempla crianças entre os 4 e os 8 anos de idade.

Assim, foi disponibilizada a aplicação a um número de crianças que tiveram então a possibilidade de a experimentar de forma livre. Devido a algumas limitações o grupo de teste foi de apenas cinco crianças de uma mesma turma, todos com cinco anos de idade, englobando no entanto elementos de ambos os sexos.

O processo de avaliação definido consistiu no seguinte (ver também figura 27):

- Entrevista inicial para recolha de informação base do utilizador em questão;
- Período experimental por parte do utilizador;
- Entrevista final relativo à experiência de utilização.



**Figura 27 Esquematização do processo de avaliação**

A cada criança, antes de esta iniciar a utilização do programa foi explicado de forma resumida o conceito do programa e o tipo de funcionalidades oferecidas. De início pretendia-se não fornecer qualquer informação sobre a aplicação para que o utilizador não tivesse qualquer base, no entanto, atendendo à idade dos utilizadores e o tempo disponível para cada um para a fase de experimentação, veio a revelar-se necessário contemplar a referida explicação.

Durante todo o período experimental eram avaliadas as reacções dos utilizadores pelo método de observação. Neste processo de avaliação, o método de obtenção de informação pela observação veio a revelar-se bastante importante, pois devido à idade dos utilizadores, foram encontradas diversas limitações ao nível de comunicação e compreensão relativamente ao objectivo da experiência e da própria situação em si que poderiam comprometer a experiência.

No âmbito da experiência foi ainda pedido à responsável pela turma um retrato de personalidade das crianças pertencentes ao grupo de teste de modo a verificar

possíveis diferenças de comportamento entre uma aula convencional (não musical) e o uso da aplicação.

### 4.3 Experiência e Resultados Obtidos

Em todo o processo, foram então aplicados dois métodos de obtenção de informação, aplicados de três formas:

- Observação pelo entrevistador;
- Entrevista ao utilizador;
- Entrevista ao responsável pela turma.

Da parte do programador, foi aplicado o método de observação para obtenção de informação durante todo o tempo de experiência, com maior foco no período experimental. Através deste método, pretendia-se obter vários tipos de informação, nomeadamente ao nível de:

- Concentração;
- Motivação;
- Exploração da aplicação;
- Facilidade de utilização;
- Aparente agrado com o uso da aplicação;
- Outros factores possíveis de verificar por observação e considerados relevantes para o estudo.

Relativamente à entrevista direccionada aos utilizadores foi preciso especial cuidado na construção das perguntas, assim como na sua quantidade. As questões deveriam tão directas e simples quanto possíveis, de forma a contornar possíveis problemas de comunicação e compreensão alusivos à idade dos utilizadores. Ainda, a entrevista foi dividido em duas fases, nomeadamente pré e pós a experiência de utilização da aplicação. Assim o conjunto de questões definidas, prévias à experiência foi:

- Tem computador em casa?
- Usa o computador?
- Que tipo de uso tem no computador?
- Gosta de música?
- Já usou instrumentos musicais? Quais?

Após experimentar durante aproximadamente 4/5 minutos, era novamente efectuada uma entrevista, agora orientada à experiência e à aplicação em si, contendo as seguintes questões:

- Achou fácil trabalhar com o programa?
- Achou divertido?
- O que mais gostou no programa?
- Gostava de voltar a usar o programa?
- O que poderia tornar o programa melhor (mais divertido)?

Foram ainda colocadas algumas questões à responsável pela turma no sentido de obter mais informações relativas às crianças do grupo de teste que pudessem ser relevantes para tirar as devidas conclusões da experiência. Assim foram determinadas as seguintes questões:

- Retrato da personalidade e comportamento de cada uma das crianças;
- Existe componente musical nas aulas? De que tipo?
- Existe componente informática/multimédia nas aulas?

#### **4.3.1 Demonstração dos resultados**

No início da experiência foram colocadas à responsável pela turma as perguntas enumeradas anteriormente. Assim foi possível ter previamente uma ideia geral relativamente ao contacto com a informática e música e também das características do grupo de utilizadores, o que representa uma mais na utilização do método de observação, aquando do período experimental da aplicação.

Por uma questão de privacidade e segurança não constam desta dissertação os nomes dos alunos participantes na experiência, sendo os mesmos designados por Aluno 1, Aluno 2, sucessivamente até Aluno 5.

Os resultados das questões propostas à responsável foram os apresentados em seguida:

- Componente informático nas aulas: Nenhum;
- Componente Musical nas aulas: Toda a turma frequenta uma aula de aprendizagem musical. Nessa aula têm contacto com instrumentos como maracas, ferrinhos ou pratos.

Tabela 3 Resultados da entrevista à responsável pela turma do grupo de testes

Aluno	Perfil
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interessada</li> <li>• Participativa</li> <li>• Elevado interesse em novidades</li> <li>• Perfeccionista</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interessada</li> <li>• Participativa</li> <li>• Elevado interesse em novidades</li> <li>• Perfeccionista</li> <li>• Introversa</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interessada</li> <li>• Participativa</li> <li>• Elevado interesse em novidades</li> <li>• Perfeccionista</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco concentrado</li> <li>• Pouco criativo</li> <li>• Não Perfeccionista</li> <li>• Motivado no início de algo mas rapidamente desmotivado</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito interessado</li> <li>• Desenvolvimento acima da média</li> <li>• Muito interesse por letras e números</li> <li>• Preocupado com o êxito das suas tarefas</li> <li>• Inseguro</li> <li>• Já sabe ler antes do tempo suposto</li> </ul>

Após o registo da informação apresentada na tabela 3, procedeu-se à seguinte e principal fase da experiência, o teste da aplicação por parte dos alunos. Como referido anteriormente foram efectuadas entrevistas aos alunos pré e pós experiência, cujos resultados são apresentados nas tabelas seguinte, representado a tabela 4 a entrevista inicial, e a tabela 5 a entrevista final. Na tabela foi acrescentada informação relativa à idade e género do aluno.

**Tabela 4 Resultados da entrevista inicial aos alunos**

<b>Pergunta/Aluno</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Idade</b>	5	5	5	5	5
<b>Género</b>	Feminino	Feminino	Feminino	Masculino	Masculino
<b>Tem computador em casa?</b>	Não	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Usa o computador com frequência?</b>	Não aplicada	Não	Sim	Não aplicada	Sim
<b>Que tipo de uso tem no computador</b>	Não aplicada	Não aplicada	Jogos	Não aplicada	Jogos
<b>Gosta de música?</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Já usou instrumentos musicais?</b>	Sim, na aula da escola	Sim, maracas na aula da escola	Sim, na aula da escola	Não	Sim, na aula da escola

Tabela 5 Resultados da entrevista final aos alunos

Pergunta/Aluno	1	2	3	4	5
<b>Achou fácil trabalhar com a aplicação?</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Achou divertido trabalhar com a aplicação?</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>O que mais gostou de usar?</b>	Compor bateria, Reproduzir a composição	Compor musica e poder desenhar	Jogo de Cores, compor bateria	Compor bateria	Compor bateria
<b>Gostava de voltar a usar?</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>O que gostava que a aplicação também fizesse mais?</b>	Algo relacionado com voz	Sem sugestões, concorda com a sugestão da aluna anterior	Visualizar uma professora durante a reprodução	Um puzzle.	Sem sugestões.

As figuras seguintes (28 e 29) mostram, respectivamente o resultado da experiência dos alunos 2 e 3.

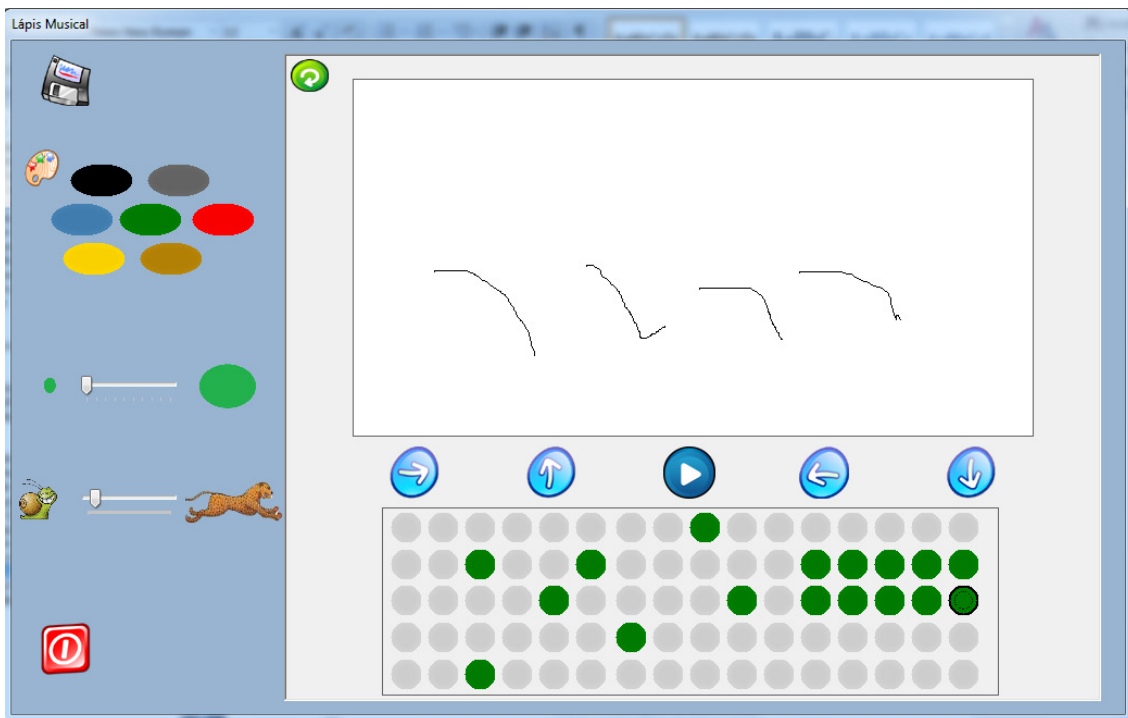


Figura 28 Resultado do teste do aluno 2

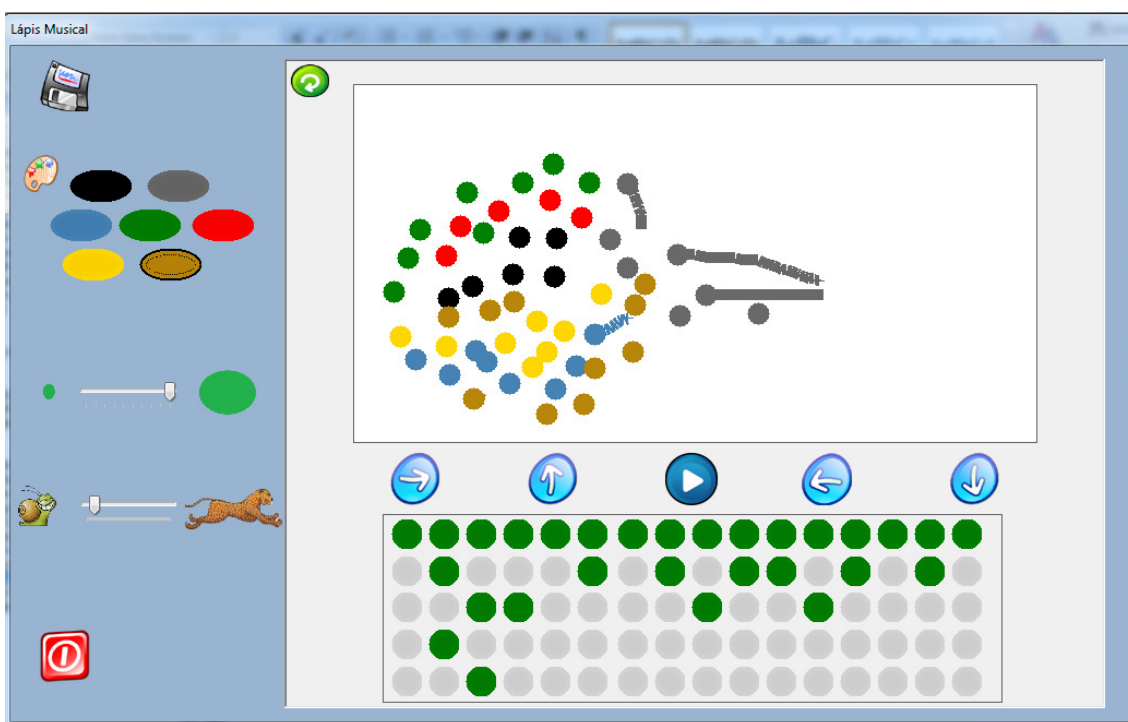


Figura 29 Resultado do teste do aluno 3

Como se pode verificar nas figuras, e por comparação com os dados das tabelas de resultados, o aluno 2, que não possui experiência com computadores alcançou um grau de utilização limitado, usou apenas uma cor e não explorou a capacidade de desenho, também por dificuldades notórias do uso do rato.

Já o aluno 3, familiarizado com o uso de computadores explorou todas as cores tendo sido possível observar durante a experiência que tentava perceber as diferenças inerentes à mudança de cor. Pela figura é visível que também não se debruçou sobre o desenho em si mas tentou perceber as funcionalidades da área de desenho ao adicionar pontos únicos em várias zonas da mesma.

Na tabela 6 são apresentadas as observações efectuadas durante o período experimental por parte do observador.

**Tabela 6 Observações do entrevistador**

<b>Cores/Instrumentos usados</b>	
<b>Aluno 1</b>	3
<b>Aluno 2</b>	1
<b>Aluno 3</b>	Todas
<b>Aluno 4</b>	1
<b>Aluno 5</b>	Todas
<b>Á vontade com meio informático</b>	
<b>Aluno 1</b>	Baixo, dificuldade ao nível do uso do rato, tentava arrastar as cores da paleta para a área de desenho em vez de carregar na cor.
<b>Aluno 2</b>	Baixo, dificuldade no uso do rato. Não conseguia acertar no botão de <i>play</i>
<b>Aluno 3</b>	Alto.
<b>Aluno 4</b>	Baixo, dificuldade no uso do rato.
<b>Aluno 5</b>	Alto.
<b>Reacção às funcionalidades</b>	
<b>Aluno 1</b>	Mostrou interesse e motivação no desenho, mas dificuldade em desenhar com recurso ao rato.
<b>Aluno 2</b>	Mostrou particular interesse na reprodução da composição e no em desenhar.
<b>Aluno 3</b>	Mostrou bastante interesse em todas as funcionalidades de um modo geral. Testou todas as cores com atenção à mudança de som e alterou o diâmetro do lápis.
<b>Aluno 4</b>	Mostrou interesse essencialmente na bateria
<b>Aluno 5</b>	Mostrou interesse crítico, usou todas as cores antes de passar para a bateria. Mostrava algum receio antes de efectuar alguma acção.

Outras observações gerais registadas foram:

- Todos os alunos mostraram enorme interesse na área de composição da bateria e apenas um teve dificuldades iniciais nesta área (aluno 2);
- Observou-se que todos procuravam elementos que gerassem uma reacção imediata, ignorando todos os que não gerassem som por exemplo.
- Apenas o aluno 5 mostrou interesse nos botões de reprodução, e apenas no modo de reprodução histórico, possivelmente por ser diferente dos outros e estar localizado em posição central. Mesmo após explicar que era possível reproduzir a composição e demonstrar como o fazer a primeira vez, apenas o aluno 3 mostrou interesse em voltar a usar a funcionalidade.
- Ainda que não se considere os botões de reprodução, nenhum questionou acerca da possibilidade de reproduzir o que tinha feito, mesmo tendo sido explicado que se tratava de um programa para fazer música.
- Notou-se que os alunos do sexo feminino demonstraram maior interesse e maturidade relativamente ao objectivo da experiência, um facto para o qual a responsável já tinha previamente alertado e foi possível verificar.
- Nenhum aluno usou a funcionalidade de mudança de velocidade de reprodução nem mostrou interesse no elemento gráfico associado a essa mesma funcionalidade.

#### **4.4 Avaliação dos Resultados**

No decorrer da experiência, foi pedido aos alunos que desenhassem aquilo que associam a um senhor da musica, sendo as figuras 2 e 3 (apresentadas no capítulo 2) a representação pedida por parte de dois dos alunos participantes da experiência.

Como ambos têm aulas de música no colégio que frequentam esta pequena experiência não poderá ser tão conclusiva quanto pretendido, mas de facto ambos os alunos desenharam as suas professoras da aula de música. Importa salientar que tratando-se de crianças de 5 anos, uma pequena explicação foi dada sobre o que se pretendia que desenhassem, e todas elas tinham noção e compreendiam a figura clássica do maestro, principalmente pela observação do mesmo em filmes. Ainda assim a imagem de alguém da música para eles já é algo atingível.

Esta experiência carece de um grupo maior de desenhos, preferencialmente de crianças de vários contextos sociais, mas ainda assim pode mostrar que a ideia de que a música é algo inalcançável começa a cair.

Analisando agora os resultados apresentados anteriormente, referentes à experiência com a aplicação, é possível verificar alguns factores que marcaram a experiência e aos quais os utilizadores deram mais importância:

- Composição de bateria
- Comportamento de Acção-Reacção
- Desenho e paleta de cores

Pela observação efectuada, foi possível perceber que parte do interesse pela composição de bateria coincide com a reprodução imediata de um som, ao activar um dos pontos do sistema de reprodução, o que levou os alunos a explorarem o leque de sons. Não foi possível no entanto determinar se associaram cada som a uma linha inteira de pontos, simulando uma pista por cada elemento de bateria.

Foi possível perceber também que de um modo geral, o sistema de cores na composição de bateria levava alguns alunos a definirem padrões gráficos. O tempo disponibilizado para cada teste e o nível de experiência que cada um deles atingiu, aliados à falta de interesse na reprodução da composição musical, indica que não existia qualquer padrão de foro musical. Curiosamente, o último aluno preencheu todos os pontos das pistas de bateria antes de parar a experiência. Este aluno foi também o único que pediu para reproduzir uma segunda vez a composição

O interface com comportamento de Acção-Reacção do interface revelou-se nesta experiência como uma mais-valia, tendo sido um factor fulcral de motivação e causa de interesse na aplicação. Pelas respostas obtidas e observação do comportamento dos alunos, é possível afirmar que um comportamento mais passivo da aplicação poderia anular outros factores de interesse existentes e provocar o insucesso do projecto.

O sistema de composição através do desenho revelou-se quer pela observação quer pela análise dos resultados, uma opção viável e com potencial. Apenas um aluno (aluno 2) teve dificuldade real em perceber o conceito. De um modo geral todos tiveram alguma dificuldade em desenhar correctamente o que pretendiam, embora a dificuldade tivesse origem no uso do rato em si. O uso de um sistema *touch screen*, que é aliás a proposta de interface de entrada de dados para este projecto iria certamente colmatar esta limitação da aplicação. Esse tipo de interactividade iria provavelmente também revelar-se uma fonte de interesse e motivação por si só.

As restantes funcionalidades, nomeadamente a alteração do diâmetro do lápis de desenho, e a alteração da velocidade de reprodução não despertaram particular interesse nos utilizadores. Apenas 2 alteraram o diâmetro, tendo efectuado essa alteração imediatamente após a introdução inicial, o que pode sugerir alguma influência do entrevistador. Quanto à alteração de velocidade não foi usada nem questionada.

De um ponto de vista comportamental foi possível observar que o comportamento dos alunos durante a experiência coincide com o comportamento descrito pela responsável, nas aulas normais. Também, os alunos com algum contacto com computadores revelaram maior á vontade e sentido de exploração.

Assim a primeira conclusão que é possível inferir, é a de que o comportamento acção-reacção, com a reprodução imediata dos sons, como um instrumento real, é um factor chave e indispensável. Como foi demonstrado este foi o principal factor de interesse e o que permitir despertar curiosidade nas restantes funcionalidades.

Concluiu-se também que o sistema de composição da bateria, apesar de semelhante a outros sistemas, ganhou maior impacto com a adição da reprodução do correcto elemento no imediato, relativamente a esses mesmos sistemas. Revelou-se assim um bom complemento ao sistema base de composição.

Foi possível ainda concluir, que é viável implementar a composição musical através do desenho. Todos os alunos mostraram bastante interesse durante a reprodução do que tinham criado, tentando de imediato acrescentar novos elementos aquando do término da reprodução. O uso de equipamento *touch screen* em detrimento do rato certamente iria contribuir para um melhor aproveitamento do sistema de composição pela maior facilidade de interacção e grau de interesse e motivação que seria esperado provocar nos alunos.

Pela análise dos dados da observação é ainda possível concluir que os alunos poderão não ter a noção de estar a criar uma composição, mas apenas a reproduzir sons isolados à medida que interagem com a aplicação. Daí também poderá advir a falta de interesse nas funcionalidades de reprodução da composição criada.

# Capítulo 5 - Conclusão

---

Neste capítulo procura-se avaliar o trabalho desenvolvido de acordo com os objectivos propostos e alcançados e com análise dos resultados de um caso de estudo. São também apresentadas as limitações e dificuldades encontradas durante o desenvolvimento assim como ideias para desenvolvimentos futuros com o intuito de inovar e melhorar o mais possível o projecto aqui desenvolvido.

## 5.1 Avaliação do trabalho realizado

A aprendizagem musical pode ser um processo rígido e cansativo para o aluno, quando conduzido de acordo com os métodos clássicos. No entanto, e com a ajuda de aplicações informáticas e da internet, cada vez mais as pessoas possuem à sua disposição ferramentas de apoio ao referido processo. Desta forma é possível ter maior controlo sobre o mesmo, aumentando assim os níveis de motivação e interesse e atingindo mais rapidamente os objectivos propostos.

No entanto, as aplicações, apesar de as aplicações passarem o comando do processo para o utilizador, continuam de um modo geral bastante ligadas a modelos musicais convencionais o que em certos casos poderá dificultar a sua utilização por parte de determinados grupos de pessoas.

Neste projecto foi possível perceber as dificuldades do ensino de crianças quer de um modo geral quer o âmbito musical, da mesma forma foi mostrado que ainda é necessário evoluir as aplicações actuais de modo a atingir o melhor nível possível de adequação ao público-alvo e passagem de conhecimentos musicais.

Nesse âmbito foi desenvolvida uma aplicação, ao longo deste projecto, a qual foi testada na fase final do mesmo com os resultados apresentados no capítulo 4. A aplicação procura ensinar através da composição prévia, tentando assim estimular o utilizador, o que se comprovou na experiência realizada. Este processo de aprendizagem verificou-se assim ser válido tal como o interface desenhado, que foi desenvolvido também com o intuito de inovar relativamente aos actuais padrões de interacção/aprendizagem/composição musical.

Paralelamente foi possível perceber uma ligeira mudança na mentalidade das pessoas relativamente a ter ou não capacidade para se estar na música. Como foi mostrado no capítulo 2, um estudo em 2000 mostrava que para as crianças, um senhor da música era uma pessoa extremamente característica, regularmente representada por um

senhor velho de cabelos brancos ao lado de um piano. Também no capítulo 2 são apresentadas duas imagens, com conclusão no capítulo 4, que mostram que hoje em dia há um maior à vontade com o ambiente musical sendo este encarado com maior naturalidade e as crianças sentem que podem fazer parte desse mundo.

## **5.2 Limitações e dificuldades**

Ao longo das várias fases do projecto foram encontradas diversas limitações a vários níveis enumerados de seguida:

- Experiência efectuada
- Aplicação, limitações encontradas na versão final da aplicação, relativas a funcionalidades e algoritmos implementados mas que de certa forma não estão ainda a 100%. Por já existir alguma implementação funcional, foram englobados nesta secção e não nas sugestões de trabalho futuro.

### **5.2.1 Experiência efectuada e descrita no capítulo 4**

Com a experiência efectuada procurou-se perceber de que forma a aplicação desenvolvida na presente dissertação conseguiria corresponder ao pretendido e cumpria os objectivos propostos. Para isso e através da colaboração com um colégio infantil, um determinado número de alunos desse mesmo colégio teve a possibilidade de se associar à experiência e experimentar a aplicação.

No entanto diversas situações levaram a que a experiência se executasse com apenas cinco alunos, todos da mesma turma. Para a obtenção de resultados mais relevantes e conclusivos a experiência deveria considerar um maior número de crianças, de várias idades e possivelmente estratos sociais.

Existiu de facto a possibilidade de mais alunos da referida turma experimentarem a aplicação mas perante a observação dos dados obtidos e alguma ponderação com a responsável da turma, determinou-se que dentro do grupo disponibilizado, a informação extra que se poderia obter não seria suficientemente relevante. Perante a impossibilidade de contar com alunos de outras idades a experiência foi dada como concluída.

Relativamente às condições disponíveis para experiência efectuada uma limitação foi a impossibilidade do uso de sistema *touch screen*, que como se verificou pela dificuldade no uso do rato por alguns alunos, poderia ter ajudado a obter reacções e informações relevantes.

Ainda no âmbito da experiência, o modelo ideal de avaliação seria através de análise do uso contínuo da aplicação por parte de um determinado número de crianças e ao longo de vários dias ou semanas, dependendo da frequência de uso.

Cada criança dispõe de cerca de 5 minutos para explorar à sua vontade a aplicação, sendo que este tempo é apenas suficiente para um primeiro contacto. Apesar de ter sido ainda assim possível obter dados e conclusões relevantes, o seu nível de relevância seria maior com um processo como o descrito anteriormente.

### **5.2.2 Acordes nos modos de reprodução direccional**

Pelo algoritmo apresentado, relativamente ao processo de reprodução da composição em modo direccional, é possível verificar que no ciclo de nível 3 provoca-se uma saída do ciclo no momento em que se verifica que existe um pixel preenchido com a cor que se encontra em teste numa dada iteração do ciclo de nível 0.

Este pormenor impede o uso de acordes musicais (tocar mais do que uma nota ao mesmo tempo). Sendo uma limitação no actual algoritmo, será uma funcionalidade a verificar em futuros desenvolvimentos.

### **5.2.3 Pistas de bateria em ciclo**

A duração gráfica da bateria está limitada a 16 batidas, o que na conversão para tempo real dificilmente será suficiente para acompanhar a composição melódica. Assim uma opção será a de repetir as mesmas 16 batidas tantas vezes quantas necessárias para obter a mesma duração da restante composição musical. Para determinar as repetições será necessário obter a soma da duração de todos os eventos para cada pista. A pista de maior duração será a referência para as repetições da bateria.

## **5.3 Trabalho Futuro**

Durante o desenvolvimento e realização desta dissertação e da aplicação associada foram enumeradas diversas funcionalidades que por questão de tempo ou prioridade relativamente baixa quando relativamente aos principais objectivos do projecto, não foram implementadas e são agora enumeradas e descritas como melhoramentos e desenvolvimentos futuros.

Relativamente ao trabalho futuro a desenvolver sobre este projecto, é possível definir várias vertentes do mesmo tendo em conta a área de acção.

Assim torna-se necessário contemplar as seguintes vertentes de trabalho futuro:

- Teórico, efectuar novos estudos e avaliações á aplicação procurando perceber a que elementos e funcionalidades as crianças respondem melhor e como proceder para melhorar a experiência de composição e aprendizagem musical. Esta vertente engloba também novas pesquisas sobre as áreas de interface gráfico e multimédia, pois tendo em conta que é uma área em constante desenvolvimento, novas ferramentas poderão aparecer e que podem ajudar melhorar e aprofundar os conceitos já desenvolvidos neste projecto.
- Prático, desenvolver novas funcionalidades ou melhorar funcionalidades existentes de maneira a atingir mais eficazmente os objectivos do projecto, nomeadamente ao nível da inovação do interface musical gráfico e métodos de aprendizagem musical.

### **5.3.1 Estudo mais aprofundado**

Relativamente a trabalho futuro de carácter teórico, um novo estudo deverá ser efectuado, com um grupo maior de participantes de diferentes origens e características com especial ênfase nos factores:

- Idade,
- Uso do computador,
- Contacto com música,
- Estrato social.

Para a obtenção de resultados mais conclusivos a aplicação deve estar disponibilizada durante algum tempo e ser usada regularmente durante esse mesmo tempo, para que seja englobado na análise o tempo de habituação à aplicação, o que permitiria determinar até que ponto a aplicação é suficientemente intuitiva.

### **5.3.2 Melhoramento da sonoridade em geral**

Melhoramento dos algoritmos de reprodução, com especial ênfase no uso dos eventos *NoteOn* e *NoteOff* de modo a conseguir obter o melhor resultado possível ao nível da sonoridade. O som deve ser tão harmonioso quanto possível de forma a enriquecer a experiência de uso da aplicação e permitir criar cada vez melhores composições.

O uso de mais instrumentos, ou em alternativa instrumentos que se venham a verificar serem mais adequados a este projecto poderá também ter influência na sonoridade geral da aplicação, sendo que um número maior de instrumentos representa um maior número de cores e um melhoramento ao nível da capacidade de desenho.

# Bibliografia

---

Colvin, S. S. (2008). *The Learning Process*. BiblioBazaar.

Glover, J. (2000). *Children composing, 4-14*. RoutledgeFalmer.

Gohn, D. M. (2003). *Auto-aprendizagem Musical: Alternativas Tecnológicas*. Edinburgh, Scotland: ANABLUME Editora.

Gordon, E. (2007). *Learning sequences in music: a contemporary music learning theory*. GIA Publications, Inc.

Hourcade, J. P. (2008). *Interaction Design and Children*. Publishers Inc.

Huber, D. M. (2007). *The MIDI manual: a practical guide to MIDI in the project studio*. Elsevier.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage Publications.