

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Sistema Web para o Reconhecimento de  
Partituras Musicais**

Márcia dos Santos Pinheiro

VERSÃO FINAL

Dissertação de Projecto realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Jaime Cardoso

Junho de 2009

© Márcia dos Santos Pinheiro, 2009

# Resumo

Neste projecto pretende-se continuar o desenvolvimento de um sistema Web de reconhecimento óptico de partituras musicais já iniciado anteriormente numa tese de mestrado. Este software já se encontrava numa fase avançada, mas ainda passível de melhorias substanciais. Assim sendo, neste ponto de trabalhos impõe-se uma mudança de visual, melhoramentos de navegabilidade e outras melhorias adicionais.

Outra questão trabalhada no decorrer da dissertação é a inserção no sistema Web de um algoritmo que possibilite o reconhecimento óptico quer em partituras impressas quer manuscritas.

O desenvolvimento de todas estas tarefas foi efectuado recorrendo a ferramentas adequadas e cuja utilização virá descrita nos capítulos seguintes.



# Abstract

*In this project is pretended the further development of a system of optical music recognition scores previously initiated in a Master's thesis. This software was already at an advanced stage, but still capable of substantial improvements. Therefore, at this point of work it's necessary a visual change, content improvements and other additional improvements.*

*Another issue worked during the dissertation is the integration into our system Web of an algorithm that allows the optical recognition both in printed or handwritten scores.*

*The development of all these tasks was made using appropriate tools and whose use will be described in the following chapters.*



# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha mãe que sempre me encorajou a realizar todos os meus objectivos, nunca perdendo a esperança e dando-me sempre muita força mesmo nos momentos mais difíceis da minha vida e para quem serei sempre a sua “engenhoca pequenina”.

Ao meu pai, que sempre exigiu o melhor de mim não se contentando com qualquer resultado e que me guiou ao longo do meu curso, embora por vezes silenciosamente, mas apoiando-me sempre em todos os momentos chave da minha vida.

Queria fazer um agradecimento especial ao meu namorado Pedro Pacheco que me apoiou e ajudou muito em todos os segundos durante a realização da minha dissertação. Obrigada por me animares, por me dares força de todas as formas possíveis e dizeres muitas vezes “Eu acredito em ti e sei que és capaz! Opa... Toca lá a trabalhar!”.

A toda a minha família, pelo trabalho ter implicado a perda de alguns fins-de-semana de convívio e porque todos, de maneiras por vezes diferentes, me ajudaram a realizar da melhor forma o meu trabalho.

À minha segunda família, a do meu namorado, obrigada por não se terem chateado comigo por vos tirado o vosso menino durante algumas semanas.

Ao Prof. Dr. Jaime Cardoso por me ter orientado e também por me ter deixado desenvolver a minha dissertação no local onde eu sabia que seria mais produtiva.

Ao Eng. Artur Capela por me ter cedido todo o seu trabalho e por se mostrar sempre prestável em ajudar-me.

À Ana Rebelo pela preocupação que teve em saber como estava a correr o trabalho e se eu precisava de alguma ajuda e ainda ao Ricardo Sousa que juntamente com a Ana Rebelo me ajudaram muito em alguns momentos críticos durante a realização da dissertação.

Por fim gostaria também de agradecer à minha professora de piano D. Marília Rocha que durante muitos anos me ensinou tudo o que eu hoje sei sobre música.



# Índice

<b>Resumo .....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de tabelas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Abreviaturas e Símbolos .....</b>	<b>xv</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 - Enquadramento do trabalho.....	1
1.1.1 - Motivação .....	2
1.1.2 - Caracterização do problema .....	3
1.1.3 - Requisitos gerais.....	4
1.2 - Objectivos do trabalho .....	5
1.3 - Estrutura do relatório .....	5
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>7</b>
<b>Estado da arte.....</b>	<b>7</b>
2.1 - Aplicações de OMR .....	7
2.2 - Editores e visualizadores de partituras.....	14
2.3 - Sistemas Web OMR .....	16
2.4 - Formatos de saída do OMR.....	17
2.5 - Sítios Web existentes .....	19
2.6 - Conclusões .....	21
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>23</b>
<b>Tecnologias utilizadas .....</b>	<b>23</b>
3.1 - Linguagens .....	23
3.2 - Ferramentas.....	28
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>31</b>
<b>Arquitetura do sistema Web .....</b>	<b>31</b>
4.1 - Descrição do sistema .....	33
4.2 - Conclusões .....	52
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>53</b>
<b>Implementação do sistema Web .....</b>	<b>53</b>

5.1 - Melhoria do ambiente gráfico.....	53
5.2 - Melhoria dos conteúdos .....	55
5.3 - Inclusão do algoritmo OMRsys.....	57
5.4 - Testes .....	58
Capítulo 6 .....	61
Conclusões.....	61
6.1 - Revisão do trabalho desenvolvido .....	61
6.2 - Resultados e contribuições relevantes .....	62
6.3 - Trabalho futuro.....	63
<b>Referências .....</b>	<b>65</b>
<b>Glossário.....</b>	<b>67</b>

## Lista de figuras

Figura 4.1 - Página inicial .....	33
Figura 4.2 - Login .....	34
Figura 4.3 - Login UML .....	34
Figura 4.4 - Visualização dos dados pessoais.....	35
Figura 4.5 - Edição dos dados pessoais.....	35
Figura 4.6 - Log de eventos .....	36
Figura 4.7 - Gerir conta UML.....	36
Figura 4.8 - Validações por submeter .....	37
Figura 4.9 - Todas as validações já efectuadas.....	37
Figura 4.10 - Validações UML .....	38
Figura 4.11 - Listar notícias .....	39
Figura 4.12 - Notícias UML .....	39
Figura 4.13 - Criação do autor.....	40
Figura 4.14 - Listagem de autores .....	40
Figura 4.15 - Visualização dos dados do autor.....	41
Figura 4.16 - Edição dos dados do autor .....	41
Figura 4.17 - Autores UML.....	41
Figura 4.18 - 1ª etapa da criação da partitura - secção .....	42
Figura 4.19 - 2ª etapa da criação da partitura - página.....	43
Figura 4.20 - A efectuar reconhecimento óptico.....	43
Figura 4.21 - Reconhecimento óptico completo.....	43
Figura 4.22 - Listagem de partituras .....	43

Figura 4.23 - Visualização dos dados da partitura .....	44
Figura 4.24 - Edição dos dados da partitura .....	44
Figura 4.25 - Edição da(s) secção(ões) da partitura .....	44
Figura 4.26 - Edição da(s) página(s) da partitura .....	45
Figura 4.27 - Edição da(s) página(s) da partitura .....	45
Figura 4.28 - Partituras UML.....	46
Figura 4.29 - Instrumentos UML .....	47
Figura 4.30 - Géneros Musicais UML .....	48
Figura 4.31 - Utilizadores UML .....	49
Figura 4.32 - Página de contactos .....	50
Figura 4.33 - Contactos UML.....	50
Figura 4.34 - Campo de pesquisa .....	51
Figura 4.35 - Resultado da pesquisa.....	51
Figura 4.36 - Pesquisa UML.....	51
Figura 5.1 - OMRsys incluído na “ <i>drop down list</i> ” .....	57
Figura 5.2 - Grau de satisfação - Navegabilidade.....	59
Figura 5.3 - Grau de satisfação - Componente gráfica.....	59

## Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Comparação das aplicações de OMR estudadas.....	13
Tabela 2.2 – Comparação dos editores e visualizadores de partituras estudados. ....	16
Tabela 4.1 - Categorias de actores associados ao sistema Web. ....	32
Tabela 4.2 - Início .....	33
Tabela 4.3 - Login .....	34
Tabela 4.4 - Gerir Conta.....	35
Tabela 4.5 - Validações .....	37
Tabela 4.6 - Notícias .....	39
Tabela 4.7 - Autores.....	40
Tabela 4.8 - Partituras .....	42
Tabela 4.9 - Instrumentos .....	47
Tabela 4.10 - Géneros Musicais .....	48
Tabela 4.11 - Utilizadores.....	49
Tabela 4.13 - Pesquisa .....	51



# Abreviaturas e Símbolos

AIFF	<i>Audio Interchange File Format</i>
AOMR	<i>Adaptive Optical Music Recognition</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AVM	<i>ActionScript Virtual Machine</i>
BMP	<i>Bitmap file</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DRY	<i>Don't Repeat Yourself</i>
EPS	<i>Encapsulated PostScript</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IE	<i>Internet Explorer</i>
INESC Porto	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto
KAR	<i>Karaoke extension file</i>
MIDI	<i>Musical Instrument Digital Interface</i>
MOD	Formato usado para representação musical
MP3	<i>MPEG-1 Audio Layer 3</i>
.msf	<i>Music Scan File</i>
MusicXML	<i>Music Extended Markup Language</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
NIFF	<i>Notation Interchange File Format</i>
OGG	Formato livre suportado pela <i>Xiph.Org Foundation</i>
OMeR	<i>Optical Music easy Reader</i>
OMR	<i>Optical Music Recognition</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PICT	Formato gráfico de ficheiros introduzido pela <i>Apple Macintosh</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
RIFF	<i>Resource Interchange File Format</i>

RoR	<i>Ruby on Rails</i>
S3M	Formato baseado no MOD
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SVN	<i>Subversion</i>
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
WAV ou WAVE	Formato de áudio de reduzidas dimensões suportado pela <i>Microsoft</i> e <i>IBM</i>
Web ou WWW	<i>World Wide Web</i>

# Capítulo 1

## Introdução

Esta parte introdutiva é constituída pelo enquadramento da dissertação proposta, descrevendo a sua motivação no contexto actual, a caracterização do problema em questão e os requisitos gerais propostos *a priori*. Posteriormente, serão enumerados os objectivos do trabalho e será feita uma breve exposição da estrutura do relatório.

### 1.1 - Enquadramento do trabalho

Este trabalho foi proposto pelo professor Jaime dos Santos Cardoso no âmbito da disciplina de “Dissertação” e por isso, orientado pelo mesmo ao longo de 4 meses. Foi realizado na Unidade de Telecomunicações e Multimédia (UTM) do INESC Porto (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto), uma associação privada sem fins lucrativos que promove uma melhor relação entre o mundo académico e o mundo empresarial. Este é um projecto de longo prazo estruturado em diversos módulos mais pequenos, cada um deles com um papel diferenciado mas cuja junção é capaz de gerar um sistema completo de reconhecimento de partituras musicais manuscritas online.

### 1.1.1 - Motivação

Portugal possui um vasto e diverso repertório musical que foi crescendo ao longo dos tempos. Mas, apesar de vasto, não significa que a existência das obras se encontre preservada e que estas estejam devidamente catalogadas. Além disso, grande parte das obras portuguesas encontram-se espalhadas em variados locais por todo o país e também pelo mundo. Numa tentativa de preservar a identidade musical nacional impõe-se, assim, a necessidade de centralizar num repertório a maior quantidade possível de obras musicais portuguesas.

O grande avanço tecnológico das últimas décadas permitiu que, hoje em dia, a Internet seja utilizada em todo o mundo de uma forma mais abrangente. Assim, é possível pensar numa forma de centralização de partituras utilizando a Internet e os serviços por ela disponibilizados.

Um outro problema a ser resolvido é o facto de a maior parte das partituras ainda existir apenas em formato manuscrito. Isto sucede uma vez que estas remontam de uma altura em que o suporte digital ainda não era generalizado tal como nos dias de hoje. Porém, hoje já não é aceitável guardar a informação em forma de papel, pelo que se torna imperativo preservar e catalogar as partituras em formato digital. Para isso, é necessário proceder à sua digitalização e reconhecimento óptico tentando-o fazer de uma forma fiável e o mais eficiente possível. Se se conseguir atingir estes objectivos, o processo de transformação de partituras manuscritas para o formato digital tornar-se-á fácil e sem recurso a processos de digitalização manual das partituras.

Desde a década de 60 vem-se estudando possíveis formas de se automatizar o processo de reprodução musical a partir de partituras em formato impresso, mas o reconhecimento óptico musical só se tornou viável há poucos anos com o desenvolvimento de novas tecnologias na área de processamento de imagem. Mesmo com a grande evolução que as tecnologias de software sofreram, ainda se encontram grandes dificuldades no desenvolvimento de algoritmos eficazes para tal reconhecimento. Embora este processo pareça um simples procedimento de análise de documentos, apresenta grandes dificuldades principalmente na etapa de segmentação, devido à conexão de símbolos com significados distintos.

Apesar dos problemas no reconhecimento de partituras musicais, especialmente ao nível das manuscritas, estes serão em grande parte ultrapassados num futuro próximo com o estudo e aperfeiçoamento de novos algoritmos.

Coloca-se, assim, outro problema que é o do armazenamento destas partituras para posteriormente poderem ser centralizadas e utilizadas em larga escala. Para solucionar esta questão, será necessária a criação de um repositório onde as partituras serão armazenadas, geridas e utilizadas por pessoas detentoras de partituras que as queiram partilhar. Após a

realização da centralização passará a ser possível a visualização das partituras digitalizadas bem como a sua modificação, pesquisa, reprodução, impressão, download, entre outros.

Como já foi enunciado, a ideia principal é que pessoas que tenham possibilidade de aceder à Internet e que queiram contribuir para a preservação da nossa cultura musical possam aderir a um repositório online e disponibilizar nesse local as partituras que conservem em seu poder. O sistema Web que realizará a interface entre o repositório e o utilizador deverá ser de livre acesso, intuitivo e fácil de manusear para que não se criem elitismos e se possa abranger um maior número de pessoas possível.

A concretização das ideias acima referenciadas poderá resultar num sítio Web que utiliza tecnologias de reconhecimento óptico OMR (Optical Music Recognition) para a criação de uma base de dados musical capaz de preservar a nossa identidade musical. A pretensão deste trabalho é que a sua implementação seja feita no mercado a curto e médio prazo.

### 1.1.2 - Caracterização do problema

Actualmente, existem diversos softwares que permitem realizar um reconhecimento óptico quase perfeito para posterior armazenamento e leitura de partituras musicais impressas. No entanto, nenhum destes softwares garante de forma fidedigna o reconhecimento óptico e a leitura de partituras musicais manuscritas, existindo portanto uma grave lacuna neste domínio. Não é possível ignorar este lapso uma vez que ainda subsiste um número considerável de partituras apenas sobre a forma de papel. Este processo é de difícil concretização devido à existência de numerosas formas de escrita de partituras, de desenho dos símbolos musicais ou simplesmente devido ao facto de estarmos a lidar, geralmente, com partituras antigas e por isso estas estarem um pouco degradadas.

Surgiu então a necessidade de criar um software capaz de executar o reconhecimento e armazenamento de partituras quer impressas quer manuscritas, assim como permitir modificações nas mesmas.

### 1.1.3 - Requisitos gerais

Nesta secção é necessário expor, de forma detalhada, as características do sistema Web proposto e o que este permitirá realizar.

O sistema Web será acessível via online, permitindo assim um acesso livre ao público em geral. Os principais objectivos a ser cumpridos são:

- Registo e autenticação de um elevado número de utilizadores, que poderão adicionar as suas partituras ao sistema ou então consultar todas as partituras existentes.
- Gestão de utilizadores, partituras, autores, instrumentos, géneros musicais, etc.
- Permitir ao utilizador uma navegação entre toda ou parte da informação do sistema Web, dependendo do grau de permissões detido pelo utilizador.
- Adicionar partituras ao sistema, com reconhecimento e conversão para MusicXML integrados na aplicação Web. Estas partituras podem ser adicionadas por qualquer utilizador comum registado.
- Visualizar e editar partituras musicais em MusicXML.
- Possibilidade de pesquisar partituras, autores ou instrumentos recorrendo à base de dados do sistema.
- Escolhendo um determinado autor ou utilizador, é possível mostrar todas as partituras, géneros musicais e instrumentos a si associadas.
- Suporte em Português e Inglês para que se possam disponibilizar os conteúdos de forma mais abrangente.

## 1.2 - Objectivos do trabalho

A realização desta dissertação tem como principal objectivo o melhoramento de um sistema protótipo já existente utilizando para isso tecnologia de reconhecimento óptico de pautas musicais (OMR) cuja função é tornar mais fácil o processo de conversão de partituras de música manuscritas no formato digital.

Assim, foi necessária a criação de um sistema Web que permitisse efectuar o reconhecimento, edição, armazenamento, gestão e pesquisa das partituras musicais inseridas. Inicialmente foi criado um sistema Web protótipo no âmbito de um estágio final de curso <sup>[1]</sup>, o qual se pretende melhorar quer do ponto de vista visual que do ponto de vista técnico, recorrendo para isso a linguagens direccionadas ao aperfeiçoamento do aspecto gráfico e funcional.

É também objectivo deste projecto a inserção, no sistema Web, de um algoritmo criado no âmbito de um doutoramento <sup>[2]</sup> que permite não só o reconhecimento de partituras impressas mas também manuscritas. Este algoritmo ainda está em desenvolvimento e por isso, nesta altura, apenas detecta os pentagramas (conjunto de cinco linhas e quatro espaços onde são escritas as notas musicais), as claves associadas a cada pentagrama e o número de pentagramas existentes.

## 1.3 - Estrutura do relatório

Este relatório está estruturado em seis capítulos, cada um deles com objectivos e conteúdos específicos. No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao trabalho proposto e ao sistema que irá ser aperfeiçoado, explicando em que medida este projecto se revela aliciente e quais os requisitos e objectivos que se pretende cumprir. No segundo capítulo será introduzido o estado de arte do trabalho proposto onde são estudados e analisados variados sistemas, softwares, aplicações relacionadas com o sistema em desenvolvimento, etc. No terceiro capítulo será descrito o sistema já desenvolvido, fazendo uma análise de todas as classes, subclasses e casos de utilização presentes no sistema. Uma vez lido este capítulo, dever-se-á reter uma ideia geral de tudo o que o sistema permite realizar e de todas as interligações entre menus. No quarto capítulo faz-se uma descrição de todas as tarefas efectuadas para que tenha sido possível o desenvolvimento e conclusão do projecto. No quinto capítulo será feita uma avaliação sintética do decorrer do trabalho e das suas contribuições no panorama tecnológico cada vez mais competitivo. Por fim, no sexto capítulo serão descritas as conclusões, resultados e outras contribuições relevantes e identificadas as lacunas e possíveis melhoramentos a realizar no futuro.



# Capítulo 2

## Estado da arte

O estado de arte de um projecto consiste na pesquisa e documentação do estado actual de desenvolvimento de todos os subsistemas relacionados com um determinado software e suas interligações. Sendo assim, neste trabalho dever-se-á analisar aplicações de OMR, editores e visualizadores de partituras, formatos de saída e sistemas Web já existentes, averiguando ao mesmo tempo soluções livres e comerciais.

### 2.1 - Aplicações de OMR

Uma aplicação OMR tem como principal finalidade o reconhecimento dos símbolos musicais presentes numa partitura musical, durações associadas e a sua posição num pentagrama.

A análise de aplicações OMR feita de seguida não está completa uma vez que existem imensos softwares que não foram analisados mas que possuem características semelhantes, principalmente se estivermos a falar de soluções comerciais. As soluções comerciais adquirem o nome de *shareware* se forem programas disponibilizados gratuitamente mas com algum tipo de restrição, por exemplo tempo de uso limitado ou um número de funcionalidades limitadas. O utilizador deverá comprar uma licença caso pretenda usufruir do programa sem restrições.

## OMeR

O OMeR <sup>[3]</sup> é uma aplicação de OMR criada por Didier e Olivier Guillion em 1999 cuja principal finalidade é a digitalização de partituras impressas, gravando-as com a extensão “.msf”. Permite fazer o reconhecimento de partituras previamente guardadas no formato BMP, PICT e TIFF. No entanto, alguns investigadores afirmam que, uma vez que o reconhecimento usando o formato TIFF é mais lento e usa mais memória, é aconselhável o uso de qualquer um dos outros formatos, se possível.

Após o reconhecimento, é gerado um documento que pode ser carregado e posteriormente reproduzido, modificado e impresso por um software de edição ou reprodução, geralmente Melody Assistant <sup>[4]</sup> e Harmony Assistant <sup>[5]</sup>.

O Melody Assistant é um poderoso editor para arquivos digitais de áudio. O editor é completo com inclusão de cálculo de tablaturas<sup>[a]</sup>, importação e exportação de formatos de áudio (MIDI, KAR, MOD, S3M, WAV, AIFF, MP3, OGG, etc.). A última versão é a 7.4.6e de Outubro de 2008.

O Harmony Assistant é uma versão melhorada do Melody Assistant onde estão, naturalmente, incluídas todas as suas características mas também uma grande variedade de novas ferramentas como a edição de página completa, cálculo de grelha de acordes, geração automática de acompanhamentos ou modelos de ritmos, estilos musicais definidos pelo utilizador, etc.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Shareware/Comercial*
- Versão actual: 2.2 (Outubro 2008)
- Melhoramentos em relação à versão anterior: compatibilidade com Windows Vista
- Sistemas Operativos: Windows (95, 98, ME, 2000, XP, Vista) e Macintosh (Mac OS 8.6 a Mac OS X)
- Extras: Suporte em vários idiomas - Inglês, Francês e Espanhol

## SharpEye Music Reader

A aplicação SharpEye Music Reader <sup>[6]</sup> foi criada por Graham Jones e funciona de forma simples e eficaz apenas para partituras musicais impressas. Este programa aceita ficheiros do tipo BMP e TIFF e converte, posteriormente, a partitura impressa digitalizada num ficheiro MIDI, NIFF ou MusicXML. Foi desenvolvida com o principal objectivo de verificar e corrigir erros após o processo de reconhecimento, mostrando avisos em locais que não tenham qualquer sentido musical. Contudo, não dispõe de facilidades de impressão, sendo necessária a utilização posterior de uma outra aplicação como o Finale ou o Sibelius que serão descritos posteriormente.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: 2.68b (Fevereiro 2009)
- Melhoramentos em relação à versão anterior: exportação no formato MusicXML
- Sistemas Operativos: Windows (95, 98, ME, NT4, 2000, XP, Vista)

## Capella-scan

A aplicação Capella-scan <sup>[7]</sup> foi criada por Bernd Jungmann e programada com a linguagem *Python*. Permite a importação de ficheiros do tipo BMP, TIFF, PNG e GIF e possibilita, ao contrário da maior parte dos programas de digitalização e reconhecimento, a visualização de imediato dos resultados do processo de reconhecimento, sobrepondo a imagem original com a digitalizada. Esta aplicação faz parte do editor de notação musical *capella* e suporta apenas o reconhecimento de partituras impressas. A exportação do resultado do reconhecimento pode ser feita em MusicXML e MIDI.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: 6.1
- Melhoramentos em relação à versão anterior: compatibilidade com Windows Vista
- Sistemas Operativos: Windows (98, ME, 2000, XP, Vista)

## PhotoScore

A aplicação PhotoScore Ultimate <sup>[8]</sup> incorpora a tecnologia *OmniScore2* e é capaz de efectuar com rapidez e precisão, a digitalização de partituras musicais e seu reconhecimento. É fácil de usar, trabalha com recursos de transposição, reproduz as partituras (auditivamente), imprime e exporta partituras digitalizadas para vários formatos, incluindo PDF.

A principal vantagem em relação a outras técnicas é a capacidade de reconhecimento de partituras musicais manuscritas, não só a nível das notas, mas também de todos os outros símbolos musicais existentes na partitura.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: 5.5.1
- Melhoramentos em relação à versão anterior: possibilidade de reconhecimento de partituras musicais manuscritas
- Sistemas Operativos: Windows (98, 2000, XP, Vista) e Macintosh (Mac OS 10.3, 10.4)

## MIDI-Connections Scan

A aplicação MIDI-Connections Scan <sup>[9]</sup> permite guardar a informação digitalizada como Standard MIDI File “.mid”, mas no entanto, deve-se usar MIDI só para reproduzir e não para imprimir música. Esta ferramenta funciona como um programa digitalizador, onde é possível utilizar borracha e lápis para ajudar o reconhecimento musical, permitindo ainda a eliminação de todos os símbolos não musicais (título, letras, etc.). Assim, digitalizar é transformar a imagem em dados de música.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Shareware*
- Versão actual: 1.3
- Sistemas Operativos: Windows (98, Me, NT, 2000, XP)

## Gamera

Gamera <sup>[10]</sup> é um acrónimo para *Generalized Algorithms and Methods for Enhancement and Restoration of Archives* e é sucessor de um sistema chamado AOMR (*Adaptive Optical Music Recognition*) que, como o nome indica, era direccionado ao reconhecimento musical. O Gamera não é um sistema de reconhecimento óptico por si só, mas sim uma plataforma que pode ser utilizada para implementar módulos de reconhecimento óptico. Existem diversos *toolkits* para o Gamera, entre eles o *AOMR2* (também conhecido como GAMUT) ou o *Staff Line Removal Toolkit*. Os *toolkits* são, normalmente, implementados como bibliotecas ou como plataformas para softwares aplicativos que auxiliam em tarefas de índole prático como por exemplo a possibilidade de remoção de linhas de uma pauta.

O formato de saída para representação das pautas musicais é o GUIDO, que será descrito posteriormente.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Opensource*
- Versão actual: 3.1.1
- Sistemas Operativos: Linux, Windows and Mac OS-X

## Audiveris Music Scanner

A aplicação Audiveris <sup>[11]</sup> é um módulo de OMR completo que permite a exportação de uma partitura musical em MusicXML a partir de uma imagem. Esta é a primeira ferramenta *Opensource* escrita inteiramente em linguagem JAVA nesta área, mas apenas funciona com partituras impressas.

Como em todos os softwares, ao fazer o reconhecimento óptico, poderão ocorrer erros no reconhecimento. Para corrigir essas anomalias, este programa oferece ao usuário a capacidade de orientar o reconhecimento e corrigi-lo (se necessário).

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Opensource*
- Versão actual: 3.1 (28 Janeiro 08)
- Sistemas Operativos: Windows, Solaris, Linux and Mac OS

## OpenOMR

A aplicação OpenOMR <sup>[12]</sup> é uma ferramenta óptica de reconhecimento musical de fonte aberta para partituras musicais impressas. Permite que um usuário faça a digitalização de uma parte de uma partitura impressa para posteriormente poder, por exemplo, reproduzi-la através dos altifalantes do computador. Esta aplicação está estagnada desde a versão *pre-alpha* lançada em 2006. No entanto, como é uma das poucas ferramentas *Opensource*, aparenta ser um bom ponto de partida para criar uma solução de OMR que possa incluir reconhecimento de partituras manuscritas.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Opensource*
- Versão actual: *pre-alpha* (31 Agosto 2006)
- Sistemas Operativos: Windows, Macintosh, Linux

## SmartScore X Professional

A aplicação SmartScore X Professional <sup>[13]</sup> é da autoria de Christopher Newell e foi criada em 1991. É utilizada quando se pretende fazer o reconhecimento de partituras musicais impressas, mas também permite a composição musical a partir de partituras em branco. Permite ao utilizador a conversão de ficheiros PDF ou ficheiros TIFF em partituras musicais e após o reconhecimento possibilita a extracção das mesmas em formato MusicXML, Finale™, MIDI, NIFF, WAV e também em PDF.

As características gerais deste programa são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: 10.1.1
- Melhoramentos em relação à versão anterior: inclusão do formato PDF
- Sistemas Operativos: Windows (2000, XP, Vista) e Macintosh (Mac OS 10.4 (Tiger), G3 or better)

## Resumo

A próxima tabela demonstra de forma sintética as diferenças e semelhanças entre os diversos softwares enumerados anteriormente.

**Tabela 2.1 – Comparação das aplicações de OMR estudadas.**

Nome do Programa	Formatos de Entrada	Formatos de Saída	Requisitos do Sistema	Tipo de Licença
OMeR	.bmp, .pict, .tif	.msf, MelodyAssistant, HarmonyAssistant	Win, Mac	C
SharpEye Music Reader	.bmp, .tif, scanner	.mid, .mxl, .niff	Win	C
Capella-scan	.bmp, .gif, .png, .tif, scanner	Capella, .mid, .mxl	Win	C
PhotoScore	.bmp, .pdf, scanner	.mid, .mxl, .niff	Win, Mac	C
MIDI-Connections Scan	.tif, scanner	.mid	Mac	C
Gamera	.tif, .png	GUIDO, .mid	Win, Mac, Linux	OS
Audiveris Music Scanner	.bmp, .gif, .png, .tif, .pdf	.mxl	Win, Mai, Linux, Sol	OS
OpenOMR	Desconhecidos	Desconhecidos	Win, Mac, Linux	OS
SmartScore X Professional	.pdf, .tif	.mid, .mxl, .niff, .pdf, Finale, .wav	Win, Mac	C

Legenda: Win - Windows, Mac - Macintosh, Sol - Solaris, C - Comercial, OS - *Opensource*

## 2.2 - Editores e visualizadores de partituras

Em algumas aplicações OMR não é possível a análise de partituras musicais, sendo necessária a utilização de um programa suplementar para editar, visualizar, reproduzir e/ou imprimir as mesmas. Para este efeito, existem soluções livres como por exemplo o Myriad Music Plug-in e o Free Clef <sup>[14]</sup> ou comerciais como o Finale, Sibelius, Encore <sup>[15]</sup> e até uma solução em língua portuguesa denominada D'Accord Partitura <sup>[16]</sup>. No entanto, uma vez que estas soluções são semelhantes, não é relevante explicar o funcionamento de todas elas.

### Myriad Music Plug-in

Tal como o nome indica, o Myriad Music Plug-in <sup>[17]</sup> é um *plug-in* sendo por isso possível a sua incorporação numa aplicação Web tal como a que se pretende desenvolver. É bastante simples, permitindo a reprodução e edição de uma partitura a partir do seu ficheiro em MusicXML (.xml) ou em Packed MusicXML (.mxl). Contém outras características suplementares como a impressão da partitura, a possibilidade de mudança do tempo ou da escala em que a partitura está a ser tocada alterando os bemóis e sustenidos associados além de permitir guardar o ficheiro no formato *.mus*.

As características gerais deste software são:

- Tipo de Software: Freeware
- Versão actual: 5.4.7 (Abril de 2009)
- Sistemas Operativos: Windows (95, 98, ME, 2000, XP, Vista) e Macintosh (Mac OS X 10.3 entre outros)

## Finale

Desde da sua introdução em 1998, o Finale <sup>[18]</sup> permanece como um software de composição musical que oferece ferramentas para a criação profissional de música e edição de partituras.

A versão actual permite a edição de páginas musicais múltiplas de forma eficiente e a possibilidade de utilização de cerca de trezentos instrumentos clássicos.

Com este software é possível a importação e exportação de ficheiros do tipo MIDI, MusicXML, EPS e TIFF. Também é permitido guardar a partitura como ficheiro de áudio (MP3, WAV e AIFF) e imprimi-la.

As características gerais deste software são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: Finale 2009
- Melhoramentos em relação à versão anterior: possibilidade de edição de páginas múltiplas
- Sistemas Operativos: Windows (XP, Vista) e Macintosh (Mac OS 10.4 ou 10.5)

## Sibelius

O Sibelius <sup>[19]</sup> é um avançado programa de notação musical criado em 1993 por Ben e Jonathan Finn que permite a criação, escrita, reprodução e impressão de partituras musicais. Com este software é possível efectuar diversas operações como por exemplo juntar vários instrumentos numa única partitura, inserir anotações que possam ser úteis para explicar uma determinada passagem e também reproduzir a partitura através de um simulador MIDI.

Além da versão básica Sibelius, existem outras versões do software não menos importantes: o Sibelius Student desenhado para estudantes e oferecendo um conjunto de características voltadas para as suas necessidades, o G7 especializado para guitarras acústicas, clássicas ou eléctricas e o Groovy Music desenhado para adolescentes e por isso com maior facilidade de utilização.

Com este software é possível a importação de ficheiros do tipo Finale™, MusicXML, MIDI, PDF, SCORE™, Allegro™ e PrintMusic 1.0™.

As características gerais deste software são:

- Tipo de Software: Comercial
- Versão actual: 5.2.5 (8 Agosto 2008)
- Sistemas Operativos: Windows (XP, Vista) e Macintosh (Mac OS 10.4 ou 10.5)

## Resumo

A próxima tabela demonstra de forma sintética as diferenças e semelhanças entre os diversos editores e visualizadores de partituras enumerados anteriormente.

**Tabela 2.2 – Comparação dos editores e visualizadores de partituras estudados.**

Nome do Programa	Formatos de Entrada	Formatos de Saída	Requisitos do Sistema	Tipo de Licença
Myriad Music Plug-in	.xml, .mxl	.xml, .mxl, .mus	Win, Mac	F
Finale	.mid, .mxl, .eps, .tiff	.mid, .mxl, .eps, .tiff, .mp3, .wav, .aiff	Win, Mac	C
Sibelius	.mid, .mxl, .pdf, SCORE, Finale, Allegro, PrintMusic 1.0	.mid, .mxl, .pdf, SCORE, Finale, Allegro, PrintMusic 1.0	Win, Mac	C

Legenda: Win - Windows, Mac - Macintosh, Sol - Solaris, C - Comercial, F - *Freeware*

## 2.3 - Sistemas Web OMR

Os sistemas Web existentes actualmente no mercado apenas permitem a visualização ou busca de partituras em formato de imagem presentes na base de dados ou quando muito são motores de busca que pesquisam na Web as partituras pretendidas.

Por outro lado, as aplicações OMR e editores de partituras existentes funcionam como um software normal, onde é necessária a instalação do software localmente numa máquina antes de o poder utilizar. Durante a pesquisa para a elaboração do estado da arte não se encontrou qualquer aplicação OMR online que fosse capaz de efectuar a junção das duas tarefas.

## 2.4 - Formatos de saída do OMR

Pela análise da tabela anterior, onde estavam enumeradas as aplicações OMR existentes, verifica-se que os formatos de saídas mais usuais são o MusicXML, NIFF, GUIDO e MIDI. Recentemente existem também aplicações que fazem a extracção em PDF, mas uma vez que é um formato bastante conhecido pensamos não haver necessidade de o descrever. De seguida serão analisados os formatos de saída que foram considerados mais relevantes.

### MusicXML

É um formato aberto de notação musical baseado em XML. Diz-se aberto, uma vez que pode ser utilizado por qualquer pessoa através de uma licença *royalty-free*. Actualmente, este ficheiro é suportado por cerca de 100 aplicações, verificando-se um aumento de cerca de 30% desde 2006. O MusicXML foi criado e continua a ser desenvolvido pela *Recordare LLC* tendo sido lançada em Junho de 2007 a versão 2.0. A principal alteração foi a inclusão de algumas características para tornar o formato MusicXML mais adequado à distribuição de partituras de música online. Um exemplo desta situação é a introdução de uma versão comprimida do formato MusicXML que torna os ficheiros cerca de 20 vezes menor do que a versão original (aproximadamente o mesmo tamanho que os arquivos MIDI correspondentes).

Foi elaborado com vista a suportar o intercâmbio de partituras, principalmente entre editores diferentes. Tem tido imenso sucesso e está a tornar-se um formato standard, quer a nível das aplicações *Opensource* ou Comerciais. Uma das principais vantagens é o facto de permitir, por exemplo, a extracção de um trecho de uma partitura musical que será posteriormente fornecida a cada músico para o interpretar, facilitando assim a leitura e interpretação.

### NIFF

O NIFF é um formato desenvolvido por Belkin e Grande em 1996 cuja principal finalidade é permitir o intercâmbio de dados de música em notação musical convencional entre softwares que lidam com partituras. Estes softwares são basicamente editores de partituras como o *Sibelius*, *Finale*, etc. ou softwares musicais, que convertem em música MIDI as imagens digitalizadas de uma partitura em papel como o *MIDI-Connections Scan*.

O formato NIFF segue as mesmas directrizes do formato RIFF da Microsoft, onde a informação é dividida em listas, *chunks* e etiquetas.

Todos os símbolos são parametrizados para que possam aparecer visualmente e sempre da melhor forma possível em qualquer software. Alguns símbolos precisam não só de ser representados, como também é preciso definir qual a sua posição na pauta em relação a outros símbolos (como no caso de ligaduras sobre notas). Isso é preservado no formato NIFF. Arcos de ligadura e outros símbolos que requerem "pontos de controlo" na pauta são devidamente parametrizados. O mesmo acontece com espessuras de linha, fontes de símbolos, etc.

## GUIDO

A linguagem de representação musical GUIDO é capaz de transportar informações musicais, bem como informações gráficas. O formato de notação GUIDO tem como objectivo a representação de partituras musicais numa plataforma independente, de texto simples e de forma legível para pessoas. A ideia básica por trás do projecto GUIDO é uma adequação na forma de representação, o que significa que os conceitos musicais simples são apresentados de forma simples e apenas noções complexas exigem representações mais complexas.

O GUIDO não foi desenvolvido para uma aplicação específica em mente, mas para fornecer uma representação adequada de partituras musicais ao longo de um vasto leque de aplicações. O formato aberto GUIDO foi concebido como uma estrutura flexível e facilmente extensível. Assim, ele pode ser facilmente adaptado e personalizado para a cobertura especializada de conceitos musicais que possam ser necessários no âmbito de projectos de ordem científica, educacional ou para fins comerciais.

Este formato foi desenvolvido em 1996 por Holger H. Hoss e pode ser dividido em três camadas. A primeira, *Basic GUIDO*, introduz os principais conceitos do formato e permite a representação de uma grande parte das notações de música convencionais; a segunda camada, *Advanced GUIDO*, é uma extensão da primeira, acrescentando informação ao nível da formatação de pautas musicais e mais alguns conceitos musicais avançados; a última camada, *Extended GUIDO*, oferece suporte para conceitos musicais mais evoluídos do que as actuais notações de música convencionais.

As áreas de aplicação pretendidas incluem notação de software, ferramentas e sistemas de composição, grandes bases de dados musicais e possibilidade de música na Web.

## MIDI

MIDI é um protocolo de comunicação entre instrumentos musicais e equipamentos electrónicos criado em 1997 por Walter B. Hewlett e Eleanor Selfridge-Field cujo principal objectivo é possibilitar que uma composição musical seja executada, transmitida ou manipulada por qualquer dispositivo que reconheça este padrão.

Diversamente de outros formatos, por exemplo WAV e MP3, um arquivo MIDI não contém o áudio propriamente dito mas sim as instruções para conseguir reproduzi-lo. Essas instruções definem os instrumentos, notas, durações, timbres, ritmos e outras características que serão utilizadas por um sintetizador para a geração dos eventos musicais compondo assim uma partitura digitalizada. Sendo assim, os arquivos MIDI são extremamente pequenos e fáceis de se copiar via Internet, isto torna-se vantajoso em relação a outros formatos de músicas bastante utilizados como o MP3.

## **2.5 - Sítios Web existentes**

Neste tópico serão enunciados e dissecados alguns sítios Web escolhidos de forma aleatória com a única pré-exigência de garantirem um mínimo de sentido de estética, organização estrutural e fiabilidade, garantindo que a acção pretendida seja efectuada com rigor. Assim, entre muitos, apuraram-se sítios Web pertencentes a empresas, instituições e outras organizações com elevada projecção no panorama nacional e internacional.

Aquando do desenvolvimento do sistema será considerado o design e as questões associadas à simplicidade e eficácia do uso destes sítios Web, garantindo que cumpre todas as funcionalidades de forma rápida. A importância deste procedimento está relacionada não só com a necessidade da criação de um sistema actual, mas também de acordo com as novas tendências nesta matéria. Embora esta análise tenha sido mais completa, apenas vão ser descritas as páginas iniciais de forma a sintetizar um pouco.

Instituto de Meteorologia <<http://www.meteo.pt/>>

Esta página Web possui como fundo uma imagem representativa do céu com nuvens em tons claros. Está disposta da seguinte forma: o cabeçalho é composto pelo logótipo à esquerda, seguido de um menu horizontal interactivo; no lado esquerdo existe uma coluna contendo o menu de autenticação e dois botões que encaminham para outras sub-páginas e quatro imagens que fazem exactamente o mesmo mas de uma forma mais sugestiva; no centro está uma aplicação flash e no lado direito encontra-se outra coluna com um campo de pesquisas, duas imagens com hiperligação associada, um campo de destaques, notícias e comunicados de imprensa; por último, no rodapé estão presentes informações e hiperligações relacionadas com o instituto de meteorologia, entre outros.

PT Comunicações <<http://www.ptcom.pt/>>

Este sítio Web possui uma tela branca de fundo sobrepondo-se um contentor também branco com margens largas, delimitadas apenas por um traço cinza. Neste contentor existe um cabeçalho composto pelo logótipo da empresa, hiperligações para outras sub-páginas do sítio Web, campo de pesquisa e na borda inferior contém um menu realizado em “tabs” da cor cinza claro; no lado esquerdo existe uma coluna de cor azul claro com os mesmos conteúdos do menu já referido, mas neste é possível vislumbrar os submenus; o centro ficou reservado para uma animação publicitária em flash seguido de quatro campos (Promoções, Notícias, Sugestões e Serviços); o rodapé ficou reservado para hiperligações associadas à empresa.

Advanced Micro Devices, Inc. <<http://www.amd.com/>>

Esta página tem como cor de fundo branco e é composto essencialmente por linhas. Cada linha tem dois contentores realizados com gradiente de cinza para branco contendo animações flash publicitando os seus produtos, suporte pós-venda, listagem de categorias de produtos. O cabeçalho tem gradiente de cor cinza para preto e é constituído pelo logótipo da empresa do lado esquerdo, algumas hiperligações com conteúdos sobre a empresa seguidas de um campo de pesquisas na parte superior e na parte inferior existe o menu principal um pouco despercebido sobre o fundo do cabeçalho. O rodapé é composto essencialmente por hiperligações sobre a empresa.

NVIDIA Corporation <<http://www.nvidia.com/>>

Esta última página Web é composta por um fundo em gradiente cinza claro. O cabeçalho foi desenvolvido em flash, é preto e semi-transparente e é composto pelo logótipo do lado esquerdo, escolha do idioma e pesquisa no topo do lado direito e, encostado à borda inferior está presente um menu interactivo. No corpo da página existe uma animação publicitária em flash, a qual possui o seu próprio menu de escolha de animação. Por baixo estão ainda quatro colunas temáticas com três contentores relativos à temática abordada. No fundo da página estão ainda contidas algumas hiperligações para conteúdos referentes à empresa.

Embora estes sites não sejam uma amostra significativa no contexto da Web, destacam-se por estarem associados a empresas e organizações que se preocupam bastante com o design gráfico e por isso foram consideradas um bom exemplo.

## 2.6 - Conclusões

Relativamente ao software *Audiveris*, sendo *opensource* e bastante fiável, este foi incorporado na primeira versão do sistema Web realizado. Mas, uma vez que apenas faz uma análise de partituras impressas, subsiste a importância de incluir no software, uma aplicação que permita também o reconhecimento de partituras manuscritas.

Analisando todas as aplicações OMR chega-se à conclusão que se deve dar especial importância ao facto de existir um software que faz reconhecimento de partituras manuscritas e impressas, o *PhotoScore*. No entanto, não foi possível efectuar qualquer teste ao software para uma verificação da sua fiabilidade, uma vez que sendo um software comercial era necessário adquirir uma licença de utilização.

Comparando os diferentes editores e visualizadores de partituras considerados, verifica-se que o *Sibelius* e o *Finale* são bastante semelhantes em termos de funcionalidades e que são softwares apenas utilizados independentemente, enquanto o *Myriad Music Plug-in* pode ser incorporado num sistema Web como o que se pretende desenvolver.

Observando os diferentes formatos de saída considerados, verificou-se que o *MusicXML* é o formato de notação musical mais utilizado actualmente e quando usado para se fazer, por exemplo, a importação de um ficheiro *MusicXML* num editor de partituras como o *Finale*, é possível transferir uma maior quantidade de informação do que se usássemos *MIDI*, uma vez que neste formato se iriam perder informações ao nível do *stem direction*, *beaming*, *ties*, *slurs* e pequenas expressões como *staccato* e *accent*.

Apesar de continuar a ser possível fazer a extracção de partituras musicais no formato *NIFF*, com o surgimento do *MusicXML* este passou a ser considerado obsoleto. Tudo indica que num futuro próximo este formato deixará de ser considerado na criação de novas aplicações OMR.

A principal vantagem do formato *GUIDO* é a facilidade de leitura directa por qualquer pessoa, mas acaba por se tornar pouco utilizado uma vez que existe pouca informação sobre o formato.

Pesando as vantagens e desvantagens, conclui-se que o formato *MusicXML* seria uma escolha mais adequada para integrar o sistema Web.

Foram analisados sítios Web não relacionados com a manipulação de partituras como os acima referenciados <sup>[secção 2.1.5]</sup>, uma vez que as interfaces existentes com esta finalidade são baseadas em softwares elaborados e por isso de difícil utilização, não sendo por isso consideradas uma boa base de inspiração para o desenvolvimento do sistema Web online.

Após a análise destes sítios Web, chegou-se à conclusão que o design gráfico é uma grande preocupação das empresas e organizações. A criação de páginas Web apelativas pode fazer a diferença no número de utilizadores que angaria e isto pode-se traduzir em vendas ou projecção.

Normalmente optam-se por cores suaves como fundo e gráficos de adorno mais ou menos complexos mas que normalmente são apazíveis e trazem algum movimento ou interactividade à página. As estruturas encontram-se quase sempre bem definidas independentemente da página em questão. Geralmente adoptam-se cabeçalhos constituídos pelo logótipo representativo da empresa ou entidade, um campo de pesquisas e um menu animado de aspecto atraente. Um menu nestas condições oferece bastante flexibilidade na forma como o utilizador explora a página. O rodapé é o que menos sofre alterações ao nível da forma e conteúdo, variando somente a quantidade de informação e a sua cor.

# Capítulo 3

## Tecnologias utilizadas

Neste capítulo serão descritas as linguagens embutidas no sistema, bem como as ferramentas que tornaram possível o desenvolvimento de forma organizada da aplicação.

### 3.1 - Linguagens

#### Ruby on Rails

O *Ruby on Rails* <sup>[20]</sup> por vezes referenciado como RoR ou simplesmente Rails, é um meta-*framework* escrito em linguagem Ruby com o intuito de desenvolvimento de aplicações Web, lançado apenas em 2004.

Ruby é uma linguagem de programação interpretada e orientada a objectos que foi desenhada por um japonês chamado Yukihiro Matsumoto. Destaca-se frente a outras linguagens orientadas a objectos pela sua simplicidade, facilidade de aprendizagem e utilização, portabilidade e extensibilidade.

O Rails contém cinco *frameworks* denominados Active Record, Action Pack, Action Mailer, Active Support e Active WebServices. O Active Record é considerado uma camada de mapeamento objecto-relacional cujo objectivo é a interligação entre a aplicação e a base de dados. O Action Pack é constituído pelo Action View e pelo Action Controller que são responsáveis pela geração da interface gráfica e pelo controlo de fluxo de negócio, respectivamente. O Action Mailer é encarregado do serviço de entrega e recepção de emails e o Active Support é composto por várias classes e extensões de bibliotecas padrão que foram consideradas úteis para aplicações em Rails. Por último, o Active WebServices fornece uma forma de publicar aplicações operáveis com o Rails sem gastar tempo com especificações de

protocolo. Embora este não esteja presente a partir da versão 2.0 do Rails, é possível a sua instalação através de um plug-in.

A principal diferença entre o Rails e outros *frameworks* de desenvolvimento é a velocidade de execução e a facilidade na sua utilização. As alterações feitas às aplicações são imediatamente executadas e sem necessidade de recorrer ao uso de compiladores, poupando tempo no processo de desenvolvimento da aplicação.

Outro dos pontos fortes do Rails é o conceito de não repetição denominado DRY (Don't Repeat Yourself). Este é aplicado na definição de nomes, propriedades e códigos em somente um local e cujas informações posteriormente serão utilizadas em vários outros locais.

A estrutura do RoR está organizada com base no padrão de projecto Model-View-Controller (MVC) e por isso está dividida em três campos:

- Model - permite o acesso à base de dados;
- View - interface gráfica do utilizador;
- Controller - é o local onde se processam as acções do utilizador e, por isso, onde se faz a ligação entre a interface e o acesso à base de dados.

Esta estrutura MVC oferece vantagens significativas no desenvolvimento de aplicações devido à separação das camadas, possibilitando implementar com maior facilidade e clareza questões de programação importantes como a persistência de dados, controlo de segurança, comunicação em rede e fluxo de visualização.

Esta foi a linguagem de programação escolhida previamente para a realização do sistema Web.

As características gerais desta ferramenta são:

- Tipo de aplicação: *Opensource*
- Versão actual: 2.3 (Março 2009)
- Sistemas Operativos: Windows, Macintosh, Linux

## MySQL

O *MySQL* <sup>[21]</sup> é um sistema de gestão de base de dados (SGBD) robusto e bastante rápido que utiliza a linguagem SQL. Foi criado na Suécia por dois suecos e um finlandês e hoje é um dos SGBD mais populares devido ao seu bom desempenho, fiabilidade, estabilidade e facilidade de utilização. Dispõe também de características de segurança que garantem uma elevada protecção e integridade dos dados.

Este software corre como um servidor, promovendo um acesso simultâneo de múltiplos utilizadores a um determinado número de informações que compõem a base de dados. O *MySQL* é geralmente usado por projectos de softwares livres e aplicações Web que requerem um sistema completo de gestão de base de dados para ajudar a guardar e gerir a informação de forma mais organizada.

O *MySQL* é bastante utilizado pois além da sua facilidade de utilização, garante uma excelente portabilidade suportando a maior parte das plataformas existentes actualmente e boa compatibilidade no que toca aos drivers e módulos de interface. É assim compatível com diversas linguagens de programação como Java, C, C++, Python, Ruby, PHP, entre outras. Contempla ainda a incorporação de vários *Storage Engines* como por exemplo *MyISAM*, *InnoDB* ou *Falcon* que são utilizados pelo sistema de gestão de base de dados para criar, actualizar, recuperar ou eliminar dados da base de dados.

No que diz respeito a características técnicas sabe-se que o *MySQL* suporta *triggers*, controlo de transacções, *cursors (non-scrollable e non-updatable)*, *stored procedures e functions*, além de permitir uma replicação facilmente configurável.

Após ter sido estudado, juntamente com o *PostgreSQL*, o *MySQL* foi o software escolhido para se trabalhar juntamente com a plataforma RoR.

As características gerais deste software são:

- Tipo de software: Livre
- Versão actual: 5.4 (2009)
- Sistemas Operativos: Windows, Linux/Unix, Mac OS X e Solaris

## Javascript

O Javascript é uma linguagem de programação criada pela Netscape em 1995 e actualmente é bastante conhecida pelo seu uso frequente em páginas da Internet. É, assim, utilizada para tornar a página mais dinâmica, apelativa e interactiva através de alguns efeitos especiais e interactividades com o utilizador. O Javascript pode ser embebido em páginas HTML. Sendo assim, quando o utilizador abre um sítio Web que “contém” Javascript, o *browser* da sua máquina é o responsável por interpretar as instruções Javascript e executá-las de forma a produzir estes efeitos e interactividades. Sem estas funções interactivas, as páginas HTML eram estáticas, uma vez que o HTML é uma linguagem de marcação e não uma linguagem de programação.

Apesar de o Javascript partilhar muitas características e sintaxe semelhantes às da linguagem Java, estas foram desenvolvidas independentemente. Ao contrário do Java, esta oferece tipagem dinâmica e é uma linguagem interpretada em vez de compilada.

As principais desvantagens do Javascript são o facto de a aplicação depender do *browser*, ou seja, se este não possuir o plug-in relacionado com o Javascript, a aplicação não funciona e em caso de aplicações comerciais não é possível omitir o código efectuado em Javascript podendo qualquer pessoa ter acesso ao mesmo, caso o pretenda.

É uma linguagem bastante simples e pensada para o desenvolvimento rápido de programas comparando por exemplo com a linguagem C ou C++. Entre as acções típicas que se podem realizar existem duas vertentes. Por um lado, analisando os efeitos especiais sobre as páginas Web, destaca-se a possibilidade de criar conteúdos dinâmicos como a modificação de um texto ou imagem ao passar o rato na mesma, modificar dinamicamente os estilos dos elementos da página em HTML ou ainda permitir a abertura de uma nova janela ao clicar numa hiperligação presente na página. Por outro lado, analisando as interactividades presentes nas páginas, destaca-se a possibilidade de adicionar calculadoras, agendas, tabelas de cálculo, *checkboxes* ou menus que requerem uma interacção do utilizador para iniciarem animações pré-programadas.

Esta é uma linguagem com muitas capacidades permitindo não só a programação de pequenos scripts mas também de programas maiores e complexos.

No âmbito deste projecto não irá ser criada uma página Web ou uma aplicação em Javascript mas apenas incorporados pequenos scripts nesta linguagem.

## ActionScript

O ActionScript é uma linguagem de programação orientada a objectos que se desenvolveu a partir dos recursos de script do Flash e que corre através de uma máquina virtual denominada AVM (ActionScript Virtual Machine).

Esta linguagem é utilizada para criar quase todas as interacções em flash numa página nomeadamente em botões, áreas de entrada de texto, menus deslizáveis e também algumas acções como reproduzir, parar, dotar de hiperligações ou gotoAndPlay (que permite fazer a hiperligação e de seguida a reprodução de um ficheiro).

## CSS

Para a realização deste projecto é fundamental conhecer a organização e compreender algumas linguagens de estilo como CSS e linguagens de marcação como HTML, indispensáveis para efectuar todas as formatações necessárias à estrutura do sistema Web. O HTML é usado para estruturar conteúdos, enquanto o CSS é usado para formatar os conteúdos já estruturados.

O CSS, sendo uma linguagem de estilo, permite então a modificação visual de páginas escritas em HTML e XHTML onde se inclui a formatação de tipos de letra, cores, margens, linhas, imagens de fundo, posicionamentos e outras configurações associadas a todas as páginas do sistema.

O CSS foi criado para permitir a separação do conteúdo do documento da forma como é apresentado, ou seja, em vez de se fazer toda a formatação dentro do próprio documento (por exemplo HTML), é criada uma ligação para uma página em CSS que contém todos os estilos que se pretendem. Esta separação poderá melhorar a acessibilidade aos conteúdos, garantir mais flexibilidade e controlo nas especificações das características da apresentação permitindo a formatação de várias páginas em simultâneo que partilhem das mesmas formatações e desta forma reduzir a complexidade e eventuais repetições de conteúdos estruturais.

O CSS pode também permitir que a mesma página de marcação (por exemplo HTML) seja apresentada em diferentes estilos para diferentes métodos de processamento. Assim, dependendo da acção que se pretende realizar com a página (visualização no monitor, impressão, processamento da página por voz (quando lida por um navegador baseado em discurso ou leitor de tela) ou dispositivos tácteis baseados em Braille) podem-se adoptar diferentes estilos associados a cada acção mudando apenas o código em CSS.

Outra funcionalidade desta linguagem é a permissão ao utilizador de determinado sítio Web de sobrepor as suas próprias configurações de estilo às especificadas na página.

## HTML / RHTML

Utilizando um sistema em RoR, a linguagem de marcação não é HTML mas sim RHTML. No entanto, estas funcionam de forma semelhante, sendo que nos ficheiros em HTML não é comum o uso de condições de repetição, validação e verificação como *if*, *for* ou *while* e nos ficheiros em RHTML estas condições são imprescindíveis.

HTML (HyperText Markup Language) é utilizada para a produção de páginas na Web. Ou seja, o HTML fornece os meios para descrever a estrutura da informação baseada em texto de um documento e realiza isso dotando, por exemplo, texto como hiperligações, cabeçalhos, parágrafos, listas ou acrescentando a esse texto formatos interactivos, imagens ou outros objectos. Com efeito, os seus documentos são interpretados por browsers que entendem e transcrevem as formatações da página para a tela. Um documento HTML é escrito sobre a forma de *tags*. O HTML pode também, embora de forma limitada, descrever a aparência e a semântica de um documento além de poder embeber pequenos códigos escritos noutras linguagens, *scripts*, como por exemplo *Javascript*.

Sendo simples arquivos de texto podem ser criados e editados em qualquer editor de texto comum.

## 3.2 - Ferramentas

### Flash

O Flash é um software gráfico vectorial muito utilizado na Web para a criação de animações interactivas e componentes gráficos que posteriormente poderão ser embutidos numa página Web como por exemplo, imagens, botões, menus e *banners*. Uma vez que utiliza gráficos vectoriais, é possível a criação de animações “leves” que demoram pouco tempo a serem carregadas. É possível ainda a interacção com o utilizador criando hiperligações e sons associados à aplicação.

As animações criadas podem ser visualizadas numa página Web desde que o utilizador tenha o *Adobe Flash Player* instalado no seu computador sendo esta aplicação distribuída gratuitamente pela *Adobe Systems Incorporated*.

Para a criação de animações flash podem ser utilizados, entre outros softwares existentes, o *Sothink SWF* e/ou o *Adobe Flash CS4 Professional*. Com estes softwares é possível adicionar à aplicação Web texto ou imagens fixas ou animadas escolhendo quando se pretende iniciar, terminar ou quantas vezes se quer que repitam; objectos já concluídos ou desenvolvidos no próprio software, acrescentando-os apenas numa determinada localização ou como fundo, fazendo-os por exemplo desaparecer usando técnicas de transparência,

redimensioná-los ou rodá-los; texto e “formas” com gradientes; botões que mudam de cor ou forma e que possuem hiperligações levando-nos para outros locais pretendidos; sons e vídeos podendo controlar durante quanto tempo são reproduzidos; criar menus de navegação ou *checkboxes* entre muitas outras possibilidades.

Inicialmente, os softwares de desenvolvimento em flash apenas estavam focados na criação de animações, mas as versões mais recentes também incluem a linguagem ActionScript.

## NetBeans

O *NetBeans IDE* <sup>[2]</sup> é um ambiente de desenvolvimento integrado, ou seja, é um programa de computador que possui características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software com o objectivo de agilizar este processo. O *NetBeans* foi iniciado em 1996 por dois estudantes checos na Universidade de Charles. Esta ferramenta foi totalmente escrita em Java, mas pode suportar qualquer outra linguagem de programação e auxilia programadores a escrever, compilar, depurar e instalar aplicações. Algumas das linguagens de programação que o *NetBeans* suporta são o C, C++, Ruby, Javascript, Groovy e PHP mas também suporta linguagens de marcação como XML e HTML.

O *NetBeans* disponibiliza recursos para a criação de projectos e módulos, além de possuir um grande conjunto de bibliotecas, módulos já criados e API's (Interface de Programação de Aplicativos). A API é composta por um conjunto de rotinas, protocolos e ferramentas para a construção de aplicativos de software. Estas rotinas e padrões são estabelecidos por um software para a utilização das suas funcionalidades por programas aplicativos, isto é, programas que não se envolvem em detalhes da implementação do software, mas que apenas usam os seus serviços. Contém uma série de funções acessíveis somente por programação e que permitem utilizar características do software menos evidentes ao utilizador tradicional.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: Livre
- Versão actual: 6.5 (Novembro 2008)
- Sistemas Operativos: Windows, Linux, Mac OS X and Solaris.
- Extras: Suporte em vários idiomas (ao nível da aplicação mas também documentação, auxiliando o utilizador a desenvolver o seu software de forma mais rápida)

## Apache HTTP Server Project

O *Apache* <sup>[23]</sup> é um servidor compatível com o protocolo HTTP, criado em 1995 por Rob McCool e é oferecido pela *Apache Software Foundation*. É responsável por muitos projectos existentes envolvendo tecnologias de transmissão via Web e processamento de dados. O objectivo deste projecto é promover um servidor seguro e eficiente que forneça serviços HTTP em simultâneo com as configurações actuais do HTTP. Um exemplo é a transmissão de ficheiros de um computador pessoal através da Internet. Neste caso um utilizador que tenha *Apache* instalado pode colocar qualquer ficheiro na raiz de documentos do *Apache* para depois ser partilhado.

É particularmente utilizado para servir páginas com conteúdo estático e dinâmico na World Wide Web possibilitando que numa única máquina se possam correr simultaneamente diferentes Websites. Muitas aplicações Web são desenvolvidas tendo em consideração os ambientes e as características que o *Apache* fornece.

Outra vantagem muito importante deste programa é a de ser possível usar uma versão do *Apache* instalada localmente para prever e testar código enquanto a aplicação ainda está a ser desenvolvida.

As características gerais desta aplicação são:

- Tipo de Software: *Opensource*
- Versão actual: 2.2.11 (Dezembro 2008)
- Sistemas Operativos: Windows, Novell Netware, OS/2, Unix, Linux, FreeBSD

## Capítulo 4

# Arquitectura do sistema Web

Este sistema pode ser considerado como uma base de dados musical online onde é possível a qualquer pessoa, no conforto do seu lar, aceder ao sítio Web que se está a desenvolver e aqui depositar o seu portefólio ou documentos musicais que guarde em casa e pretenda divulgar ou simplesmente guardá-los em formato digital musical. Este princípio é deveras importante pois é a base de todo o sistema em desenvolvimento. Quando um utilizador faz o upload de uma partitura, faz com que esta seja depositada num ponto centralizado e que fique disponível a mais pessoas, contribuindo assim para a divulgação, conservação e generalização do conhecimento do património musical nacional ou além-fronteiras.

Não é necessário possuir um vasto conhecimento técnico para interagir e trabalhar com o sistema Web, uma vez que este foi desenvolvido de forma a ser simples e intuitivo. Posto isto, é chegada a altura de fazer uma descrição mais pormenorizada de todas as funcionalidades deste sistema.

Existem quatro categorias de utilizadores devidamente hierarquizadas, sendo que a categoria localizada no topo é a que detém mais privilégios.

Podemos considerar que um utilizador que aceda ao nosso sistema Web é simbolicamente denominado actor. Quando acede pela primeira vez, este ainda não se encontra registado e por isso as suas acções são bastante limitadas por razões de segurança. Opcionalmente, pode-se registar e usufruir da maior parte das funcionalidades do sistema, visto que como já foi dito, apenas o “Administrador” dispõe de todas elas, por se encontrar no topo da hierarquia. Contudo, o registo não é imediato tendo por isso de aguardar validação por parte do “Administrador” ou de um “Utilizador Privilegiado”.

De seguida apresenta-se uma tabela com as categorias de utilizadores associados ao sistema Web e seus privilégios.

Tabela 4.1 - Categorias de actores associados ao sistema Web.

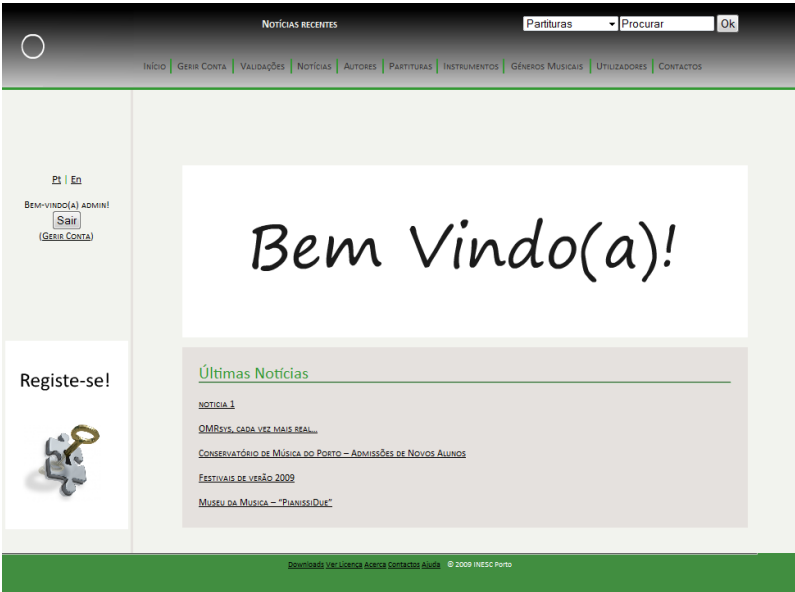
Categoria	Descrição	Privilégios
Geral	Utilizador não registado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas tem acesso à documentação existente (notícias, autores, partituras, instrumentos e géneros musicais) e pode efectuar pesquisas.</li> </ul>
Registado	Utilizador com restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisa de se autenticar (email/senha) para que possa aceder a toda a sua informação, editando-a ou eliminando-a caso pretenda;</li> <li>• Além dos privilégios do utilizador geral, pode introduzir novos objectos e posteriormente editá-los ou eliminá-los (apenas os que criou).</li> </ul>
Privilegiado	Utilizador apenas com uma restrição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O registo deste utilizador apenas pode ser efectuado pelo Administrador;</li> <li>• Após a sua autenticação, pode fazer tudo o que é permitido ao Administrador, excepto a gestão de utilizadores do seu nível (Privilegiado) e a gestão do <i>log</i> de eventos por razões de segurança;</li> <li>• Este perfil foi criado para o caso de professores e representantes de instituições, ou seja, utilizadores confiáveis. Estes podem criar, por exemplo, contas para os seus alunos e gerir todos os objectos presentes no sistema.</li> </ul>
Administrador	Utilizador sem restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisa de se autenticar (email/senha) para que possa aceder a todos os menus sem restrições;</li> <li>• O Administrador pode então criar, editar, eliminar e gerir todos os recursos do sistema que serão enumerados de seguida.</li> <li>• Como salvaguarda, quando um utilizador registado cancela a sua conta, compete apenas ao administrador a gestão dos ficheiros associados a esse utilizador evitando assim eventuais perdas de informação.</li> </ul>

## 4.1 - Descrição do sistema

Nos próximos tópicos irão ser descritos todos os menus e submenus envolvidos no sistema bem como as suas interligações. As imagens do sistema Web foram retiradas utilizando a aplicação no idioma “Português”. No entanto, não há qualquer diferença a nível da formatação em relação às páginas no idioma “Inglês” mudando somente a língua. É possível a comutação dos idiomas “Português” <-> “Inglês” ao clicar no botão “Pt” ou “En” existente na parte superior ao menu de autenticação.

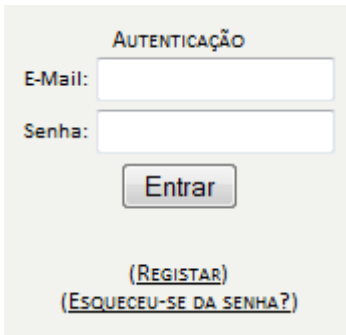
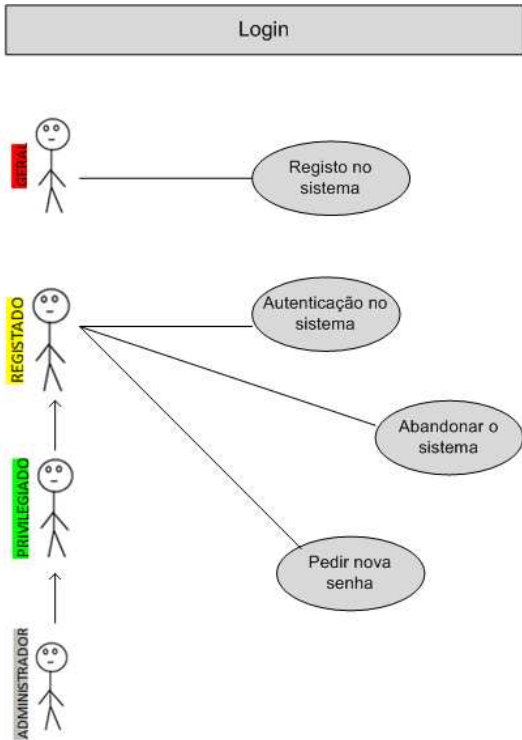
### Início

Tabela 4.2 - Início

Secção	Descrição
Nome	Início
Descrição sumária	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação em flash de boas-vindas, o logótipo da aplicação e um outro banner que clicando nos redirecciona para o registo de utilizadores;</li> <li>• Visualização das últimas 5 notícias criadas.</li> </ul>
Actores	Todos os utilizadores
Sequência de funcionamento	Sendo uma página inicial, apenas é necessário correr o sistema para a abrir. Quando se encontrar em funcionamento basta colocar o endereço da aplicação na barra de endereços de um <i>browser</i> .
Interface com o utilizador	<p><b>Figura 4.1 - Página inicial</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado.</li> </ul>

## Login

Tabela 4.3 - Login

Secção	Descrição
Nome	Login
Descrição sumária	Autenticação dos utilizadores registados
Actores	Utilizador Registado, Utilizador Privilegiado, Administrador
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema preencher os campos “E-Mail” e “Senha”.
Interface com o utilizador	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.2 - Login</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>• O utilizador precisa de estar registado para entrar.</li> </ul>
Diagrama UML	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.3 - Login UML</b></p> 

## Gerir Conta

Tabela 4.4 - Gerir Conta

Secção	Descrição
Nome	Gerir Conta
Descrição sumária	Gestão da conta pessoal de cada utilizador: <ul style="list-style-type: none"><li>• Visualização e/ou edição de dados.</li><li>• Visualização do <i>log</i> de eventos.</li></ul>
Actores	Utilizador Registado, Utilizador Privilegiado, Administrador
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Gerir Conta”.

Interface com o utilizador

Figura 4.4 - Visualização dos dados pessoais

DADOS DO UTILIZADOR

Nome	admin
E-Mail	admin@omrsys.com
Tipo de utilizador	Administrador
Morada	
Telefone	
Telemóvel	
Telefone de trabalho	
Instituição	
Morada da instituição	
Data de registo	Thu Apr 16 23:40:41 +0100 2009
Actualizado em	Wed May 27 23:48:14 +0100 2009

[Editar dados pessoais e/ou senha](#)

PUBLICAÇÕES DO UTILIZADOR : PARTITURAS AUTORES INSTRUMENTOS

Figura 4.5 - Edição dos dados pessoais

OS CAMPOS ASSINALADOS COM \* SÃO DE PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO

Nome:  \*

E-Mail:  \*

E-Mail (escreva de novo):  \*

Morada:

Telefone:

Telemóvel:

Telefone de trabalho:

Instituição:

Morada da instituição:

(POR FAVOR FORNEÇA UMA NOVA SENHA APENAS SE PRETENDER ALTERAR A ACTUAL)

Senha:

Senha (escreva de novo):

RETROCEDER SUBMETER ALTERAÇÕES

Figura 4.6 - Log de eventos

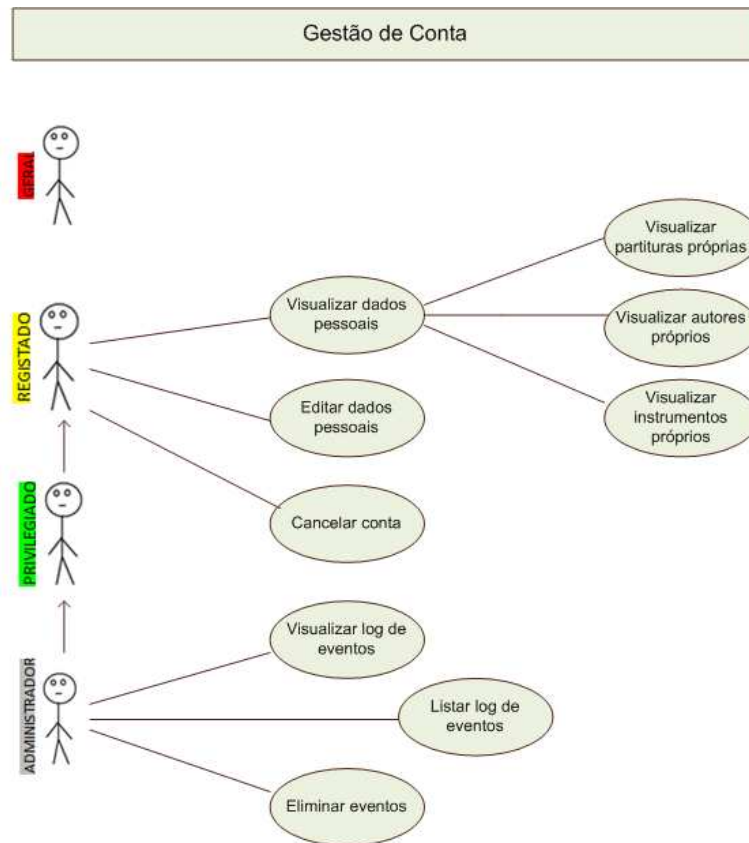


Pré-condições e restrições

- Um *browser* Web instalado;
- *Plug-in* flash instalado;
- O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.

Diagrama UML

Figura 4.7 - Gerir conta UML



## Validações

Tabela 4.5 - Validações

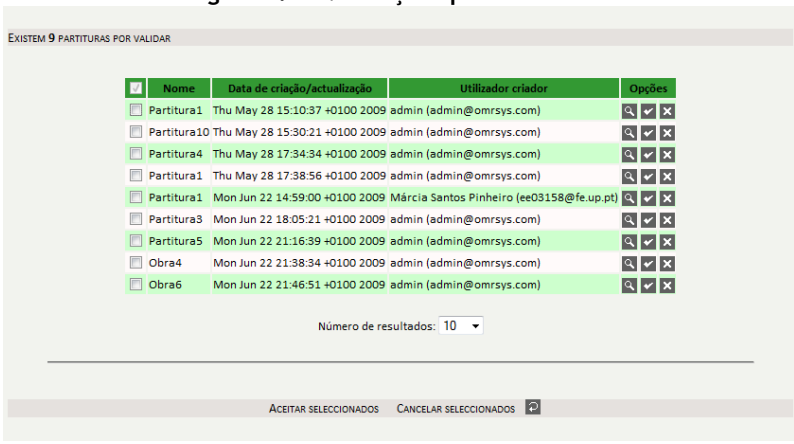
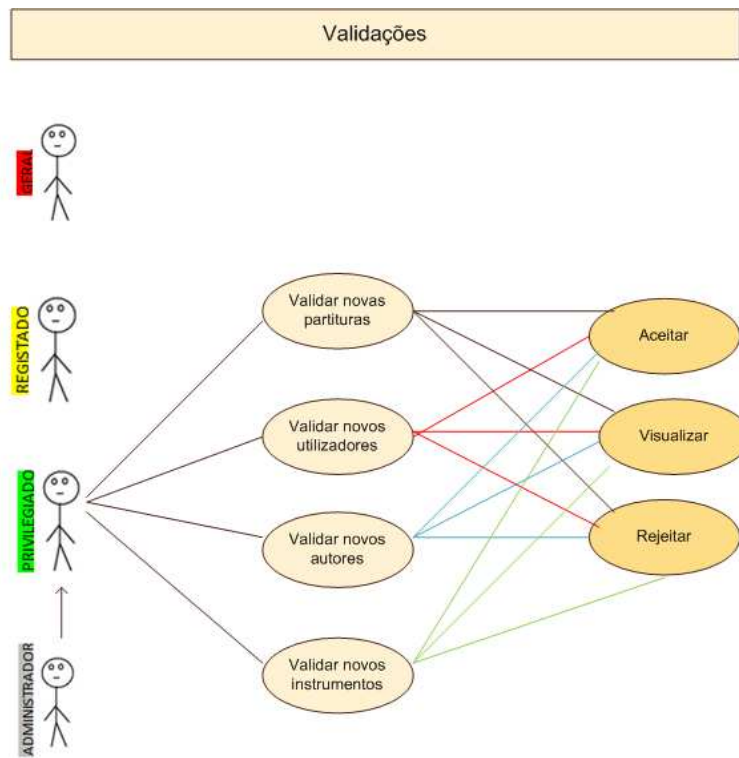

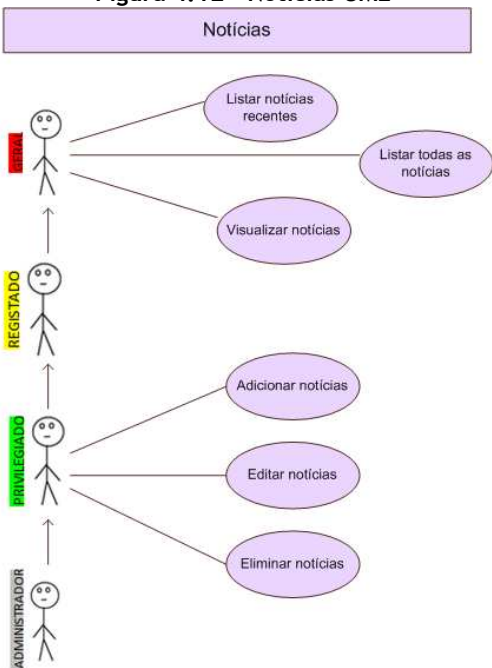
Secção	Descrição
Nome	Validações
Descrição sumária	<ul style="list-style-type: none"> <li>Validação das partituras, utilizadores, autores e instrumentos submetidos por cada utilizador (com excepção das que foram submetidas pelo administrador ou por um utilizador privilegiado, uma vez que estas são aceites automaticamente).</li> </ul>
Actores	Utilizador Privilegiado, Administrador
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Validações”.
Interface com o utilizador	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.8 - Validações por submeter</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 4.9 - Todas as validações já efectuadas</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li><i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.</li> </ul>

Figura 4.10 - Validações UML



# Notícias

Tabela 4.6 - Notícias

Secção	Descrição
Nome	Notícias
Descrição sumária	Notícias criadas pelos utilizadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação e/ou edição de notícias;</li> <li>• Visualização das notícias mais recentes ou do arquivo completo.</li> </ul>
Actores	Todos os utilizadores (listagem) Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Notícias”.
Interface com o utilizador	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.11 - Listar notícias</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um browser Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>• O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.</li> </ul>
Diagrama UML	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.12 - Notícias UML</b></p> 

## Autores

Tabela 4.7 - Autores

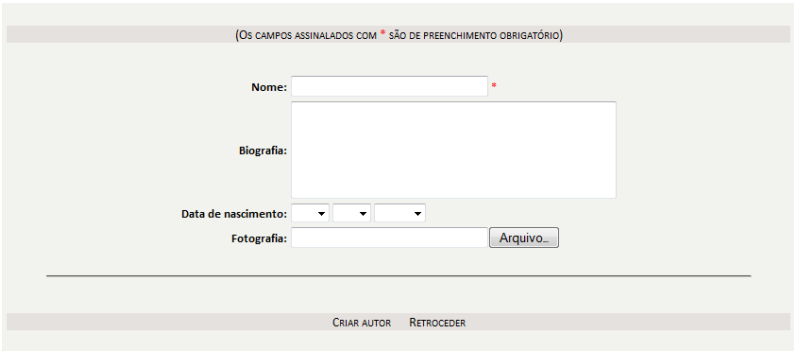
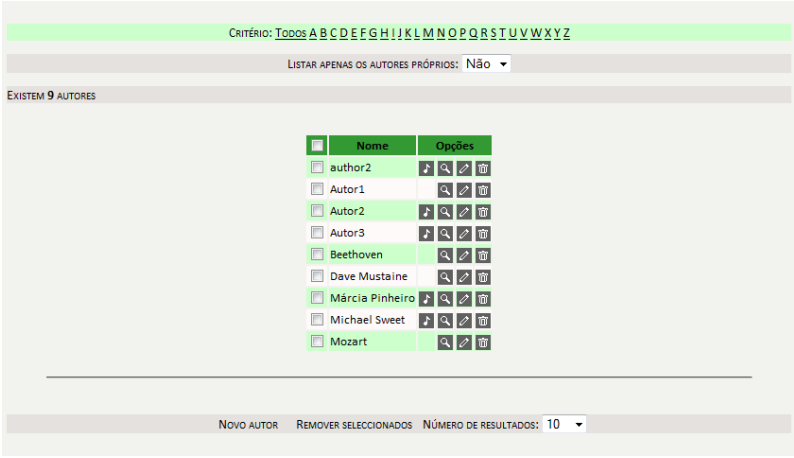
Secção	Descrição
Nome	Autores
Descrição sumária	<p>No submenu “Listar”, após a listagem de todos os autores, é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Listar as partituras criadas pelo autor;</li> <li>• Ver os dados do autor;</li> <li>• Editar os dados do autor;</li> <li>• Remover o autor.</li> </ul> <p>No submenu “Criar Novo” é possível criar um novo autor.</p>
Actores	<p>Todos os utilizadores (listagem)</p> <p>Utilizador Registado (criação e edição apenas dos autores criados por si)</p> <p>Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)</p>
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Autores”.
Interface com o utilizador	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.13 - Criação do autor</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 4.14 - Listagem de autores</b></p> 

Figura 4.15 - Visualização dos dados do autor

DADOS DO AUTOR	
Nome	Autor3
Biografia	
Data de nascimento (dia/mês/ano)	
Fotografia (clique na foto para ver no tamanho original)	Não tem foto atribuída
Utilizador criador	admin (admin@omrsys.com)
Data de criação	Mon Jun 22 18:05:02 +0100 2009
Data da última alteração	Mon Jun 22 18:05:02 +0100 2009
<a href="#">_Editar dados pessoais_</a> <a href="#">_Eliminar_</a>	

PORTFÓLIO DO AUTOR :   PARTITURAS  
 RETROCEDER

Figura 4.16 - Edição dos dados do autor

(OS CAMPOS ASSINALADOS COM \* SÃO DE PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO)

Nome:

Biografia:

Data de nascimento:  /  /

Fotografia:

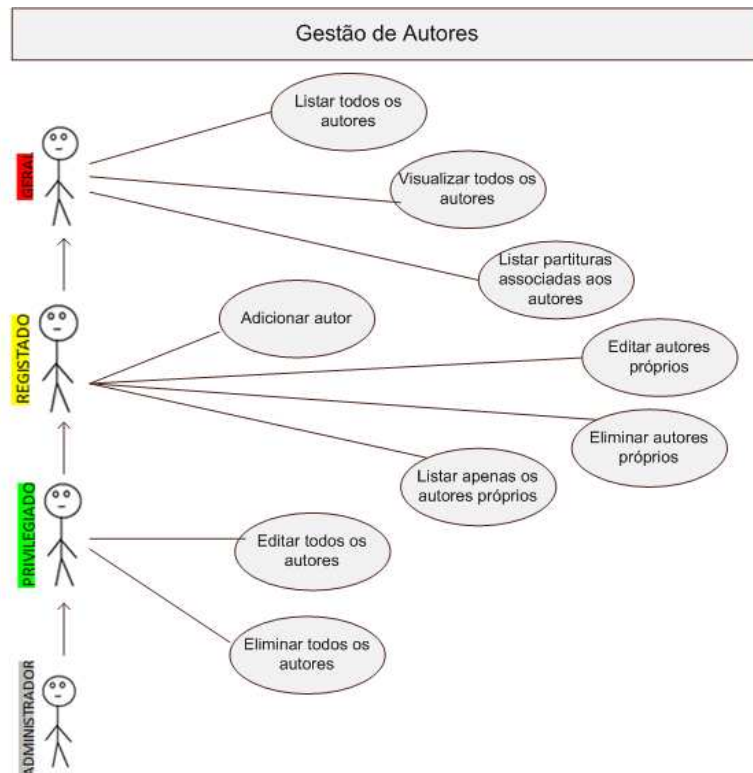
SUBMITER ALTERAÇÕES   VISUALIZAR   RETROCEDER

Pré-condições e restrições

- Um browser Web instalado;
- Plug-in flash instalado;
- O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.

Diagrama UML

Figura 4.17 - Autores UML



## Partituras

Tabela 4.8 - Partituras

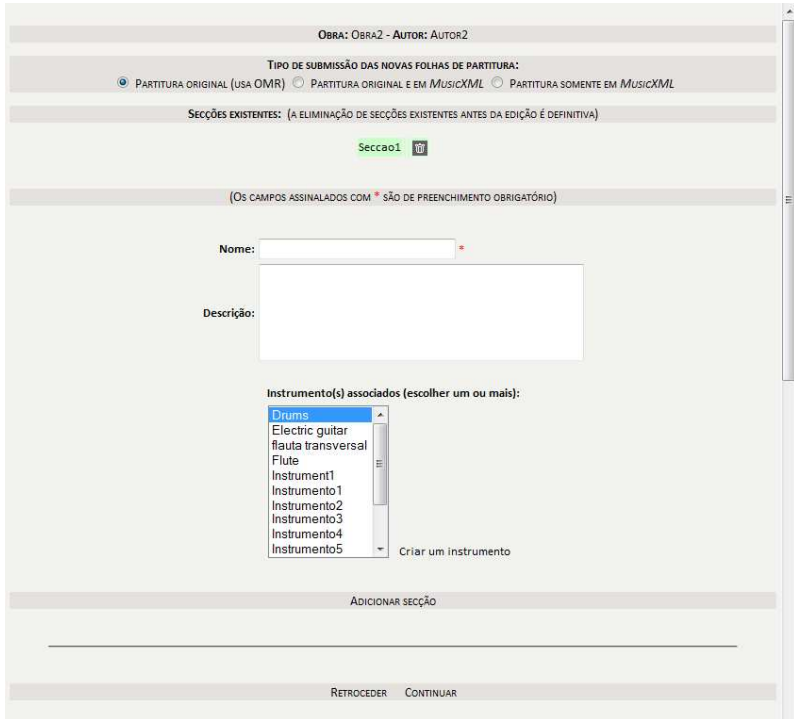
Secção	Descrição
Nome	Partituras
Descrição sumária	<p>No submenu “Listar”, após a listagem de todas as partituras, é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer o download da partitura em diferentes formatos (original, digital, ambos os formatos, não paginada);</li> <li>• Ver os dados da partitura;</li> <li>• Editar os dados da partitura;</li> <li>• Remover a partitura.</li> </ul> <p>No submenu “Criar Nova” é possível criar uma nova partitura.</p>
Actores	<p>Todos os utilizadores (listagem)</p> <p>Utilizador Registado (criação e edição apenas dos itens criados por si)</p> <p>Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)</p>
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Partituras”.
Interface com o utilizador	<p align="center"><b>Figura 4.18 - 1ª etapa da criação da partitura - secção</b></p> 

Figura 4.19 - 2ª etapa da criação da partitura - página

TIPO DE SUBMISSÃO ESCOLHIDA: PARTITURA ORIGINAL (USA OMR)

SOFTWARE DE OMR A USAR (POR FAVOR AGUARDE QUE A PÁGINA SEJA RECARREGADA): Audivertis

OBRA: OBRA2 - AUTOR: AUTOR2

SECÇÃO ACTUAL: Seccao1

PÁGINAS EXISTENTES: (A ELIMINAÇÃO DE PÁGINAS EXISTENTES ANTES DA EDIÇÃO É DEFINITIVA)

Página 1

Inserir página número 2:

ADICIONAR PÁGINA

RETROCEDER CONTINUAR

Figura 4.20 - A efectuar reconhecimento óptico

TIPO DE SUBMISSÃO ESCOLHIDA: PARTITURA ORIGINAL (USA OMR)

OBRA: OBRA2 - AUTOR: AUTOR2

EFFECTUANDO O RECONHECIMENTO ÓPTICO DAS NOVAS PÁGINAS SUBMETIDAS. PODE DEMORAR ALCUNS MINUTOS, POR FAVOR AGUARDE...

Figura 4.21 - Reconhecimento óptico completo

TIPO DE SUBMISSÃO ESCOLHIDA: PARTITURA ORIGINAL (USA OMR)

OBRA: OBRA2 - AUTOR: AUTOR2

VER RESULTADOS DO RECONHECIMENTO E CONFIRMAR A SUBMISSÃO RETROCEDER

Figura 4.22 - Listagem de partituras

CRITÉRIO: **TODAS** A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

LISTAR APENAS AS PARTITURAS PRÓPRIAS: Não

1 2 3 4 5

MOSTRANDO 1 - 2 DE 9 PARTITURAS NO TOTAL

<input checked="" type="checkbox"/>	Nome	Autores	Instrumentos	Opções
<input type="checkbox"/>	Obra2	Autor2	Instrumento2	<input type="checkbox"/> Partitura original <input type="checkbox"/> Partitura digital <input type="checkbox"/> Partitura nos 2 formatos <input type="checkbox"/> Partitura digital não paginada
<input type="checkbox"/>	Obra3	Autor3	Instrumento3	<input type="checkbox"/> Partitura original <input type="checkbox"/> Partitura digital <input type="checkbox"/> Partitura nos 2 formatos <input type="checkbox"/> Partitura digital não paginada

NOVA PARTITURA REMOVER SELECIONADAS NÚMERO DE RESULTADOS: 2

Figura 4.23 - Visualização dos dados da partitura

DADOS DA OBRA

Nome da obra	Obra2
Autor	Autor2
Descrição	
Data de criação	
Data de publicação	
Total de secções	1
Género musical	Barroque
Utilizador criador	admin (admin@omrsys.com)
Data de criação no sistema	Mon Jun 22 21:32:48 +0100 2009
Data de última alteração	Mon Jun 22 21:35:36 +0100 2009

[\\_ Editar dados da obra](#) [\\_ Eliminar](#)

Secções CONSTITUINTES DA OBRA: [Seccao1](#) [Página 1](#) [\\_ Editar secções](#)

PARTITURA ORIGINAL PARTITURA DIGITAL PARTITURA NOS 2 FORMATOS PARTITURA DIGITAL NÃO PAGINADA

RETROCEDER

Figura 4.24 - Edição dos dados da partitura

AUTOR: AUTOR2

(OS CAMPOS ASSINALADOS COM \* SÃO DE PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO)

Nome:  \*

Descrição:

Data de criação:

Data de publicação:

Género musical:

RETROCEDER SUBMITER ALTERAÇÕES

Figura 4.25 - Edição da(s) secção(ões) da partitura


(contém a partitura em MusicXML)

OBRA: Obra2 - AUTOR: AUTOR2

Nome	Seccao1
Descrição	
Número de secção	1
Total de páginas	1
Instrumento:	Instrumento2

Partitura em MusicXML completa para esta secção:

43.mxl (00:26) page 1/2 [64Kb]



DESCARREGAR A VERSÃO ACIMA NÃO-PAGINADA

RETROCEDER

Figura 4.26 - Edição da(s) página(s) da partitura

(contém a partitura em .png e em MusicXML)

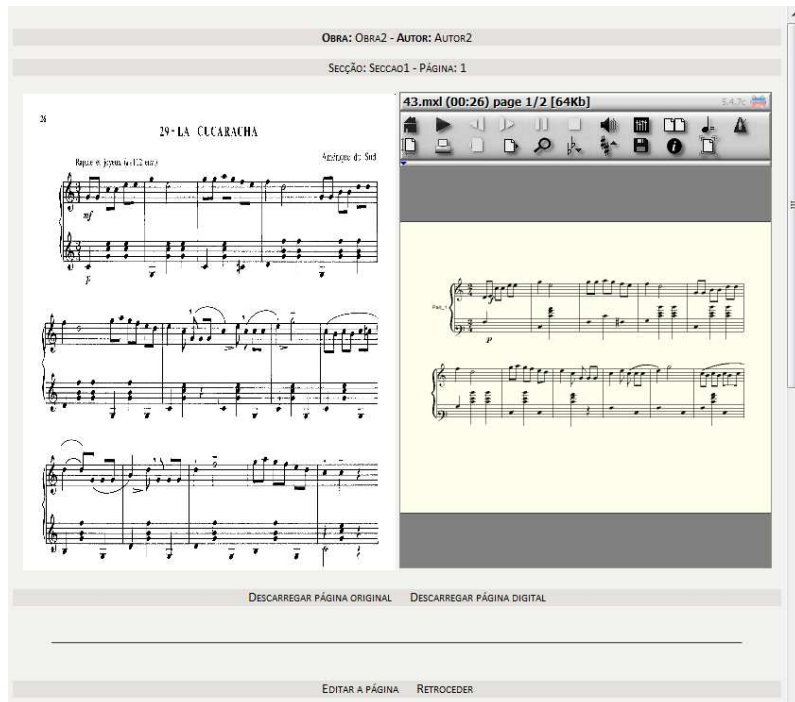
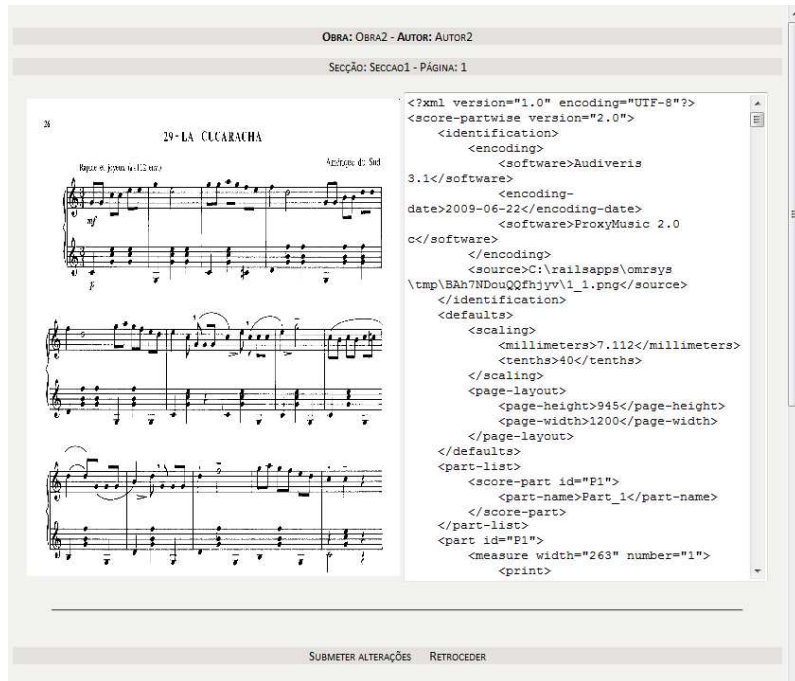


Figura 4.27 - Edição da(s) página(s) da partitura

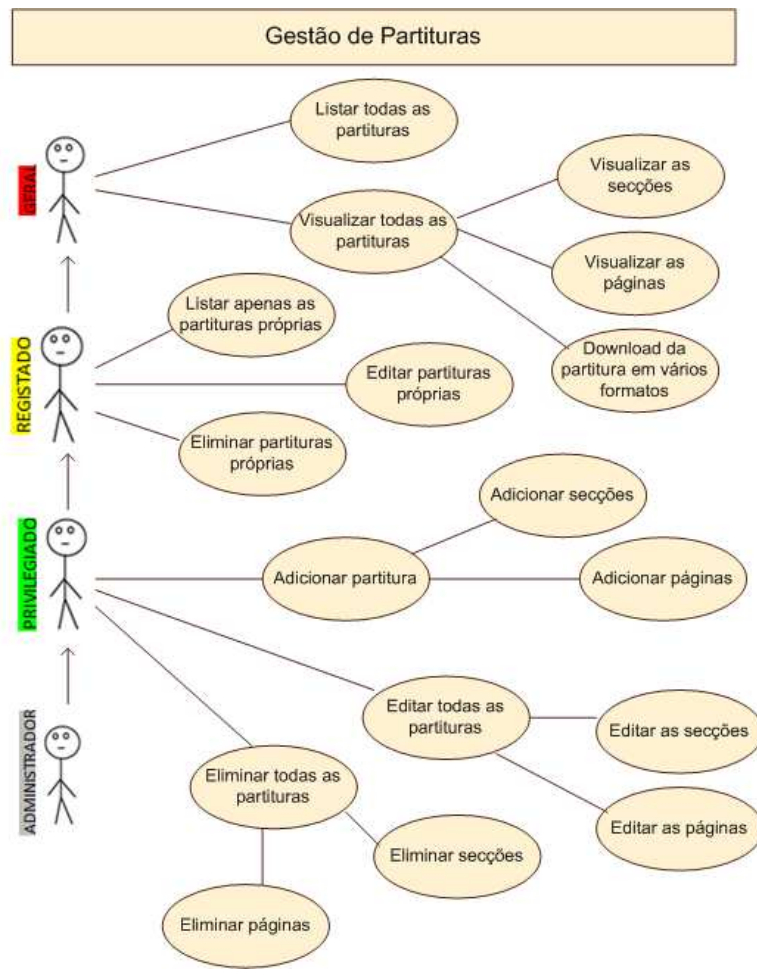
(contém a partitura em .png e o código em MusicXML)



Pré-condições e restrições

- Um *browser* Web instalado;
- *Plug-in flash* instalado.

Figura 4.28 - Partituras UML



## Instrumentos

Tabela 4.9 - Instrumentos

Secção	Descrição
Nome	Instrumentos
Descrição sumária	<p>No submenu “Listar”, após a listagem de todos os instrumentos, é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Listar as partituras associadas ao instrumento;</li> <li>• Ver os dados do instrumento;</li> <li>• Editar os dados do instrumento;</li> <li>• Remover o instrumento.</li> </ul> <p>No submenu “Criar Novo” é possível criar um novo instrumento.</p>
Actores	<p>Todos os utilizadores (listagem)</p> <p>Utilizador Registado (criação e edição apenas dos instrumentos criados por si)</p> <p>Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)</p>
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Instrumentos”.
Interface com o utilizador	(Uma vez que o ambiente gráfico da secção “Instrumentos” é semelhante à dos “Autores” não há necessidade de repetir todas as imagens)
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>• O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.</li> </ul>
Diagrama UML	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.29 - Instrumentos UML</b></p>

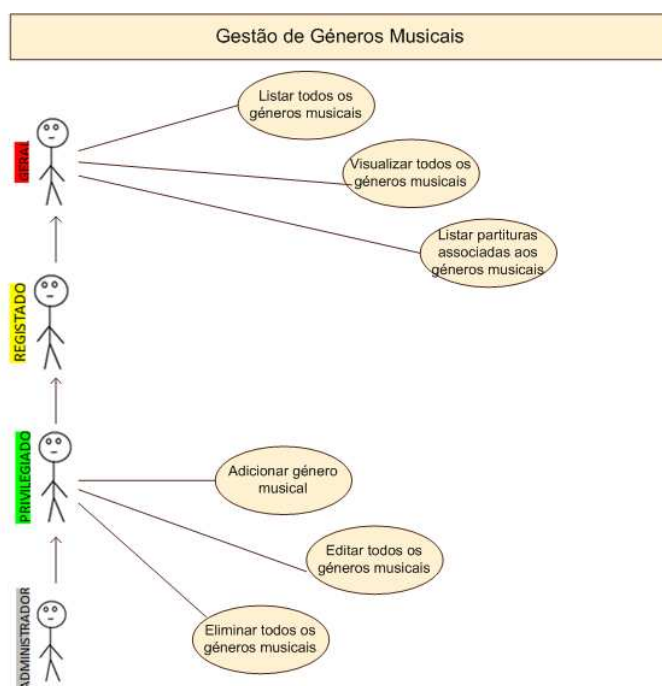
## Géneros Musicais

Tabela 4.10 - Géneros Musicais

Secção	Descrição
Nome	Géneros Musicais
Descrição sumária	<p>No submenu “Listar”, após a listagem de todos os géneros musicais, é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Listar as partituras associadas ao género musical;</li> <li>• Ver os dados do género musical;</li> <li>• Editar os dados do género musical;</li> <li>• Remover um ou mais géneros musicais.</li> </ul> <p>No submenu “Criar Novo” é possível criar um novo género musical.</p>
Actores	<p>Todos os utilizadores (listagem)</p> <p>Utilizador Registado (criação e edição apenas dos géneros musicais criados por si)</p> <p>Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)</p>
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Géneros Musicais”.
Interface com o utilizador	(Uma vez que o ambiente gráfico da secção “Géneros Musicais” é semelhante à dos “Autores” não há necessidade de repetir todas as imagens)
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>• O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.</li> </ul>

Diagrama UML

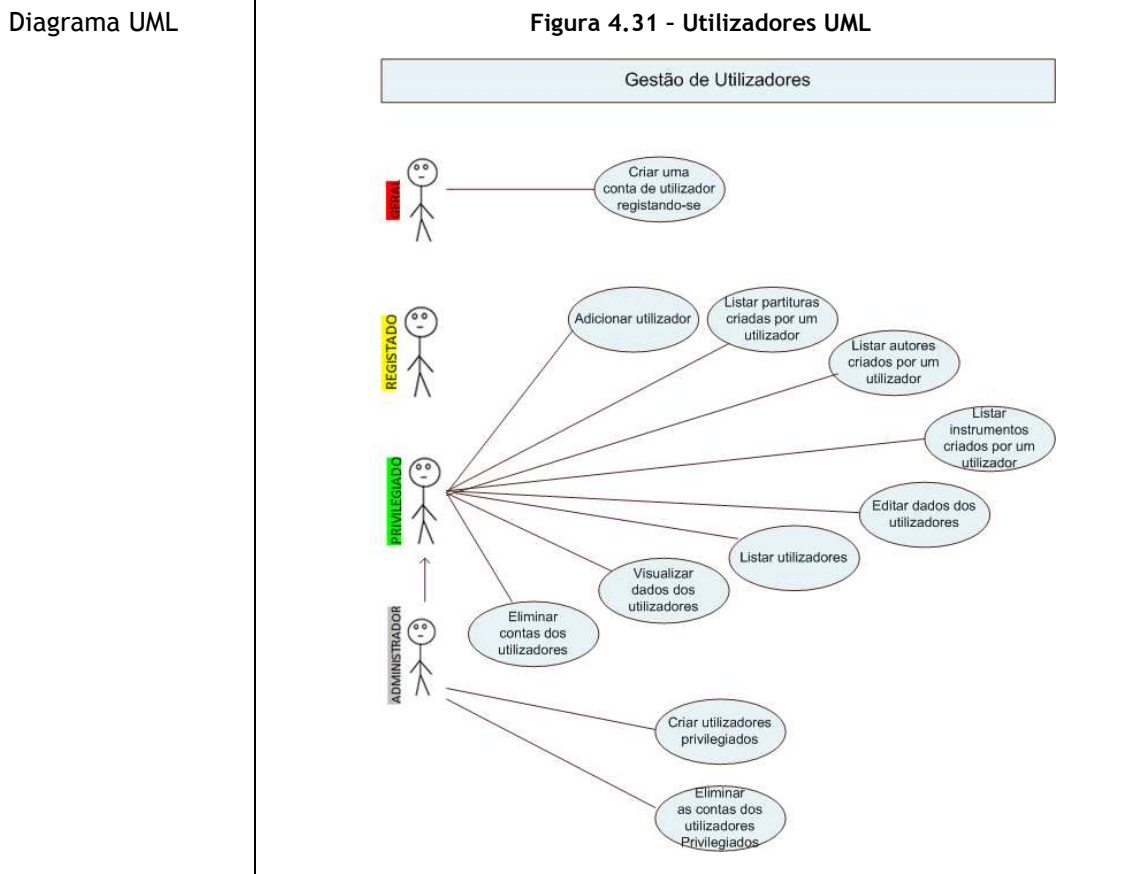
Figura 4.30 - Géneros Musicais UML



# Utilizadores


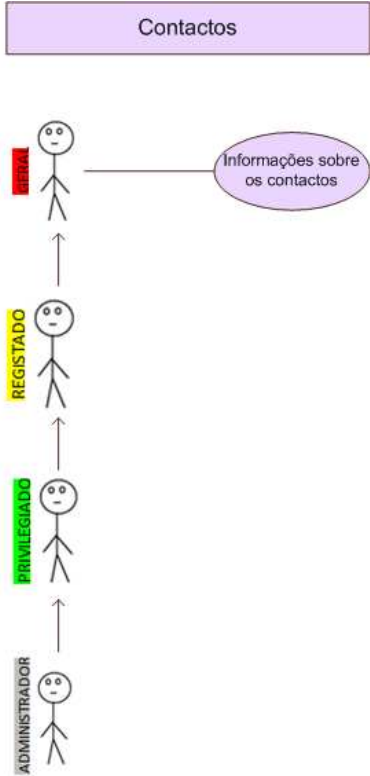
Tabela 4.11 - Utilizadores

Secção	Descrição
Nome	Utilizadores
Descrição sumária	<p>No submenu “Listar”, após a listagem de todos os utilizadores, é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Listar as partituras criadas pelo utilizador;</li> <li>• Listar os autores criados pelo utilizador;</li> <li>• Listar os instrumentos criados pelo utilizador;</li> <li>• Ver os dados do utilizador;</li> <li>• Editar os dados do utilizador;</li> <li>• Remover um ou mais utilizadores.</li> </ul> <p>No submenu “Criar Novo” é possível criar um novo utilizador.</p>
Actores	<p>Todos os utilizadores (listagem)</p> <p>Utilizador Privilegiado e Administrador (criação e edição)</p>
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Utilizadores”.
Interface com o utilizador	(Uma vez que o ambiente gráfico da secção “Utilizadores” é semelhante à dos “Autores” não há necessidade de repetir todas as imagens)
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado;</li> <li>• O utilizador precisa de estar autenticado no sistema.</li> </ul>




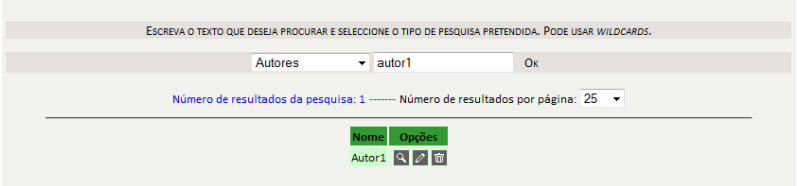
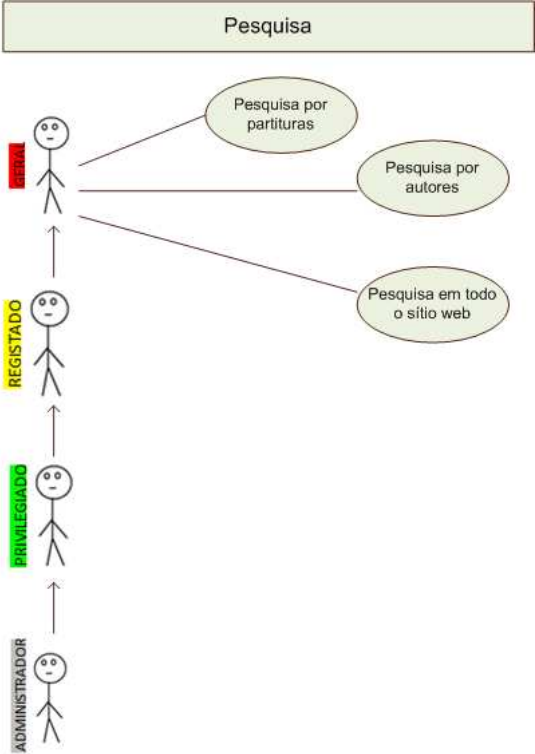
## Contactos

Tabela 4.12 - Contactos

Secção	Descrição
Nome	Contactos
Descrição sumária	Visualização dos contactos da entidade responsável pelo projecto
Actores	Todos os utilizadores
Seqüência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no menu “Contactos”.
Interface com o utilizador	<p><b>Figura 4.32 - Página de contactos</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um <i>browser</i> Web instalado;</li> <li>• <i>Plug-in flash</i> instalado.</li> </ul>
Diagrama UML	<p><b>Figura 4.33 - Contactos UML</b></p> 

# Pesquisa

Tabela 4.13 - Pesquisa

Secção	Descrição
Nome	Pesquisa
Descrição sumária	<p>Possibilita a pesquisa nos seguintes campos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autores;</li> <li>• Partituras;</li> <li>• Todo o sítio Web.</li> </ul>
Actores	Todos os utilizadores
Sequência de funcionamento	Uma vez aberta a página inicial do sistema clicar no campo de pesquisa “Procurar” e escolher qual o tipo de pesquisa que se pretende efectuar.
Interface com o utilizador	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.34 - Campo de pesquisa</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 4.35 - Resultado da pesquisa</b></p> 
Pré-condições e restrições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um browser Web instalado;</li> <li>• Plug-in flash instalado.</li> </ul>
Diagrama UML	<p style="text-align: center;"><b>Figura 4.36 - Pesquisa UML</b></p> 

## 4.2 - Conclusões

Após verificado o funcionamento do sistema *Web* desenvolvido observou-se que, além dos requisitos gerais <sup>[secção 1.1.3]</sup>, foram também satisfeitos um conjunto de funcionalidades opcionais que foram acrescentadas de forma a enriquecer o sistema e simplificar a sua navegação. Após vários testes garantiu-se que todos os casos de utilização eram cumpridos e como tal, que o sistema era capaz de atingir o conteúdo desejado se fossem verificadas as pré-condições necessárias.

Foram feitas melhorias significativas ao nível do design e funcionalidade relativamente ao protótipo inicial. Estas serão explicitadas no capítulo seguinte (Implementação do sistema *Web*).

# Capítulo 5

## Implementação do sistema Web

### 5.1 - Melhoramento do ambiente gráfico

A primeira parte do trabalho proposto consistia essencialmente no melhoramento do ambiente gráfico do sistema Web de reconhecimento de partituras musicais já existente. Esta necessidade surgiu do reconhecimento consensual de que um design atraente, “divertido” e inovador é capaz de provocar uma adesão mais forte por parte de possíveis utilizadores e com isso garantir uma maior divulgação e abrangência da oferta dos serviços deste sistema Web. No entanto, uma mudança radical na forma de apresentar conteúdos Web que contém linguagens de alto nível como fundo não é deveras fácil, pois por vezes não basta fazer a modificação de código que interfere só com aspectos visuais mas também é preciso modificar, corrigir ou criar novo código para garantir que todo o sistema fica a funcionar correctamente.

Antes de iniciar qualquer modificação procedeu-se a uma pesquisa na área do *Webdesign* para conhecer quais as tendências gráficas na criação de páginas Web. Assim, verificou-se que, a maior parte das grandes empresas e instituições aposta num design com cores suaves, dotada de menus horizontais localizados no topo da página, contendo banners que para além de embelezarem o sítio Web fornecem informações ou então publicitam os seus produtos. Nessa perspectiva, ensaiou-se um esboço com esta disposição, a qual mais tarde veio a ser aprovada em reunião com o orientador do projecto e alguns membros da equipa. Apesar da existência de inúmeros modelos CSS que poderiam facilitar e ajudar a estruturação do nosso sistema Web, não foi utilizado nenhum deles mas sim construído de raiz um modelo com as características pretendidas.

Decidiu-se então optar pela seguinte disposição e formatação: no cabeçalho da página existe uma barra cinzenta com um gradiente horizontal terminada com um separador verde, onde se incluem o logótipo (no canto superior esquerdo), referência à localização onde o utilizador se encontra a cada instante no sistema Web, um campo de pesquisa com um filtro associado (no canto superior direito) e por fim, um menu interactivo; na lateral esquerda da página existe uma coluna onde estão inseridos o menu de escolha de idioma, seguido pelo menu de autenticação e por um *banner*; o quadro central é dinâmico, mudando a informação consoante o menu ou submenu escolhido; no rodapé existe uma barra verde que contém algumas hiperligações. Os botões, tabelas, títulos informativos e outros pequenos detalhes decorrentes das páginas geradas foram acrescentados ou modificados de forma a possuírem um design mais apelativo. Os alertas foram distinguidos em três categorias: erros, acções pendentes e acções executadas. Os erros aparecem notificados com um fundo de cor vermelha para realçar a informação de erro; as acções pendentes aparecem notificadas com um fundo de cor amarela para alertar o utilizador que determinada tarefa aguarda validação ou quando nem todas as tarefas foram executadas com sucesso; as acções executadas aparecem notificadas com um fundo de cor verde para informar o utilizador que a tarefa foi bem sucedida.

O melhoramento gráfico exigiu que se trabalhasse com linguagens distintas, todas elas direccionadas à criação de interfaces Web. Para esse efeito, utilizaram-se as linguagens CSS e RHTML que já estavam embutidas no código do sistema e também linguagens javascript e flash cuja inclusão foi o principal desafio na parte de ambiente gráfico.

O CSS foi essencialmente usado na criação de estilos de escrita, onde era possível editar cores, tipos e tamanhos de letra, formatação de texto e criação de toda a estrutura visual e disposição geral dos conteúdos que preenchem cada uma das páginas do sistema.

O RHTML foi utilizado para efectuar a localização específica de cada um dos conteúdos. Para isso criaram-se tabelas e linhas visíveis ou invisíveis que garantiram a localização pretendida no corpo da página. Para além disso e também importante, foi no RHTML que se definiram todas as inserções de objectos ou *scripts* noutras linguagens (flash, javascript, etc.) e interligações entre as páginas recorrendo ao uso de acções que estão definidas nos ficheiros denominados *controller*. Foi também necessária a utilização de condições de repetição, validação e verificação como *if*, *for* ou *while* para a construção da página em RHTML.

O *javascript* foi aplicado na criação de um menu e submenus associados, de forma a torná-lo simples, intuitivo e de fácil utilização. Garantiu-se que nenhum objecto jamais se sobrepunha a este menu de forma a que este pudesse ser sempre utilizado sem quaisquer dificuldades. Além disso ele está presente em todas as páginas geradas o que permite, em qualquer altura, a hiperligação para qualquer outro local constante no menu. Ao passar o rato no menu são exibidos os submenus, caso existam, com um efeito visual. Este efeito tem dois objectivos principais, por um lado tornar o menu apelativo visualmente e por outro ajudar o

utilizador a identificar os submenus referentes a cada menu de uma forma simples sem qualquer clique. Além do menu, o javascript foi também utilizado nas *checkboxes*, para permitir seleccionar todos os elementos de uma tabela através de uma *checkbox* principal.

A integração do *javascript* foi realizada criando um ficheiro .js com o código relativo à aplicação, o qual foi guardado numa pasta chamada “jascripts” criada especificamente para esse efeito e localizada em “C:\railsapps\omrsys\public\”. Posteriormente, realizou-se uma chamada do .js no ficheiro RHTML que informa o *browser* para carregar o efeito visual escrito em *javascript*. Um exemplo de um código de chamada é o seguinte:

```
<script type="text/javascript" src="/jascripts/public_smo_scripts.js"></script>
```

O flash também foi incorporado no sistema com a introdução do logótipo e dois *banners*. O logótipo e o *banner* de boas vindas são duas animações “puras” desenvolvidas numa primeira fase no *software* “Adobe Flash CS4 Professional” e posteriormente no *software* “Sothink SWF”. O *banner* localizado na lateral da página, além de ser uma animação, possui uma instrução em *ActionScript* que permitiu a criação de uma hiperligação para a página de registo. Ao contrário dos primeiros, este *banner* foi inteiramente desenvolvido no segundo *software* referido anteriormente.

Como já foi dito, as animações foram feitas recorrendo a *softwares* próprios para este efeito. Num primeiro passo, é necessário importar todas as imagens necessárias para a criação do flash bem como incluir o texto e todos os elementos que compõem o *output*. A animação é feita conjugando a linha de tempo com os objectos que se pretendem incluir nesse espaço temporal e respectivos movimentos. Estes movimentos podem ser criados recorrendo a instruções directas de movimento nos eixos x,y,z, alteração de cor, gradiente, tamanho, entre outras, ou utilizando algumas das animações já existentes, sendo possível ainda a edição de algumas características destes templates.

O *banner* de boas vindas e o *banner* lateral foram feitos em Português e Inglês, uma vez que o sistema Web também possuía estas funcionalidades.

## 5.2 - Melhoramento dos conteúdos

Efectuaram-se algumas alterações ao nível do menu principal, acrescentando ou suprimindo menus e submenus em relação à aplicação anterior. Os conteúdos também foram alvo de reestruturação, tendo em vista melhorar a navegabilidade e aspecto visual. Para isso foram incluídos cabeçalhos de descrição, alterados os botões de redireccionamento, etc.

No menu “Início” foi modificado todo o conteúdo a si associado, pois na versão anterior, ao abrir o sítio Web ou premindo o botão “Início”, o utilizador era redireccionado para a página que continha a visualização de notícias. Na versão actual, existe uma página própria e

totalmente independente das restantes que incorpora uma mensagem de boas-vindas e importa as cinco últimas notícias da base de dados.

No menu “Gerir Conta” quando se verifica a autenticação do “Administrador” é adicionado neste menu, o submenu “Log de eventos” que lista todos os eventos importantes que decorreram no sistema.

Os conteúdos do menu “Notícias” foram também alterados uma vez que, na primeira versão eram consideradas como notícia tanto os eventos gerados automaticamente pelo sistema como as notícias criadas manualmente por qualquer utilizador registado. Na nova versão existe distinção entre os eventos e as notícias. Nesta versão, são considerados eventos as mensagens de criação de autores, partituras, instrumentos, géneros musicais, utilizadores e notícias. Está reservada a criação de notícias apenas para o “Administrador” e “Utilizador Privilegiado” a fim de evitar a criação de notícias desadequadas, com elevada frequência e sem controlo pontual.

Foi acrescentado o menu “Contactos” com vista a facilitar aos utilizadores a visualização dos contactos da entidade que regula o sítio Web.

Foi eliminado o menu “Pesquisa Avançada” uma vez que na anterior versão este menu era similar à caixa de pesquisa presente na página inicial acrescentando apenas o filtro da pesquisa. Como na versão actual o filtro foi colocado junto à caixa de pesquisa, deixou de ser necessário o menu “Pesquisa Avançada”. No entanto, garantiu-se que quando se efectua uma pesquisa, é aberta uma página com os resultados da mesma com permissão para a realização de uma nova pesquisa ou aperfeiçoamento desta.

Uma das tarefas finais no melhoramento visual e de conteúdos foi a correcção de pequenos erros no corpo do código. A título de exemplo procedeu-se à eliminação de botões inactivos que poderiam dificultar ou enganar o utilizador durante a navegação; em algumas páginas a identificação referente à página onde o utilizador se encontra não era realizada devido a deficiências no código; em alguns casos, quando ocorria um erro na submissão em alterações efectuadas a um determinado conteúdo, o sistema não conseguia identificar a proveniência do erro; o botão representado por uma nota musical, encarregado de fazer a listagem de todas as partituras associadas a determinada classe não era capaz de o fazer, anunciando um erro de proveniência da base de dados; o botão “Aceitar Seleccionados” concebido para a aceitação de vários elementos de uma lista não era capaz de realizar essa tarefa, assim como o botão “Remover Seleccionados”.

Uma outra tarefa final foi a correcção gramatical e de ortografia do texto presente na versão anterior. Com efeito, foram eliminados pequenos lapsos ortográficos e verificada e corrigida a construção gramatical das frases. Foram encontrados alguns erros gramaticais devidos à geração dinâmica de frases do sistema, estes erros deviam-se à não verificação da quantidade de elementos de uma lista, o que causava conflitos gramaticais aquando da distinção entre uma frase no plural e no singular. Por exemplo “Mostrando todos as 1

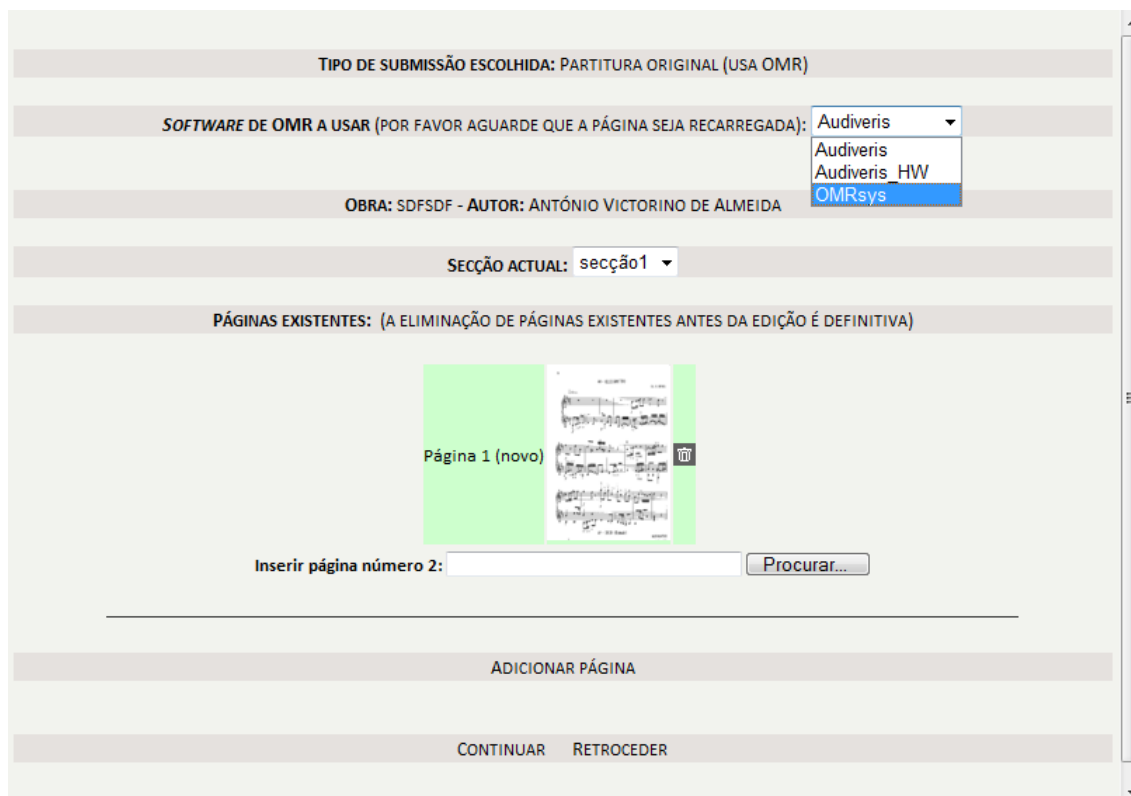
partituras musicais por validar” ou “Mostrando **todos os 0** utilizadores por validar” eram alguns dos erros criados por esta falta de verificação do número de elementos existentes após a geração da lista. Também a título de exemplo, após a correcção, estas mensagens dinâmicas ficaram com a seguinte sintaxe “Existem **3** partituras por validar”, “Existe **1** partitura por validar” ou “Não existem utilizadores por validar”. Outro dos problemas encontrados foi a falta de coerência em submenus análogos. Estes conteúdos foram facilmente identificáveis e corrigidos.

### 5.3 - Inclusão do algoritmo OMRsys

A segunda e última parte do trabalho proposto consistia na integração no nosso sistema de um algoritmo de reconhecimento de partituras musicais manuscritas ou impressas em desenvolvimento no INESC Porto. Assim, com a inclusão deste novo algoritmo, seria possível escolher uma de três opções: Audiveris, Audiveris\_HW e OMRsys.

Para a inclusão do algoritmo OMRsys foi desenvolvido um código em ruby para a chamada de forma sequencial dos diferentes algoritmos associados. Este código apenas será executado caso se escolha a opção OMRsys, como exemplificado na imagem seguinte.

Figura 5.1 - OMRsys incluído na “drop down list”



The screenshot displays a web form with several sections. At the top, it shows 'TIPO DE SUBMISSÃO ESCOLHIDA: PARTITURA ORIGINAL (USA OMR)'. Below this, a label 'SOFTWARE DE OMR A USAR (POR FAVOR AGUARDE QUE A PÁGINA SEJA RECARREGADA):' is followed by a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing three options: 'Audiveris', 'Audiveris HW', and 'OMRsys', with 'OMRsys' selected and highlighted in blue. Below the dropdown, the text 'OBRA: SDFSDF - AUTOR: ANTÓNIO VICTORINO DE ALMEIDA' is visible. Further down, there is a 'SECÇÃO ACTUAL: secção1' dropdown. A section titled 'PÁGINAS EXISTENTES: (A ELIMINAÇÃO DE PÁGINAS EXISTENTES ANTES DA EDIÇÃO É DEFINITIVA)' contains a preview of a musical score page labeled 'Página 1 (novo)'. Below the preview is a text input field for 'Inserir página número 2:' and a 'Procurar...' button. At the bottom, there are buttons for 'ADICIONAR PÁGINA', 'CONTINUAR', and 'RETROCEDER'.

Após a chamada, estes algoritmos executam em *background* no servidor e efectuem toda a sequência de reconhecimento. Como já foi referido, cada um dos algoritmos corre de forma sequencial e executam da seguinte forma:

- o primeiro algoritmo “staffDetection” usa como input a partitura carregada através do sítio Web e corre um algoritmo de detecção de linhas gerando um ficheiro “.txt”;
- o segundo algoritmo “symbolsExtractionBetaVersion” utiliza como parâmetros de entrada a imagem da partitura no formato “.png”, o ficheiro “.txt” gerado pelo algoritmo anterior e um parâmetro denominado ‘real’, depois de executado cria quatro ficheiros dos quais apenas três serão importados pelo algoritmo seguinte;
- o último algoritmo “creatMusicXML” cria como o nome indica o output final em MusicXML. Durante todo este processo é criada uma pasta temporária onde vão ser alocados os ficheiros necessários durante o reconhecimento.

No final, a pasta e todos os ficheiros são eliminados com excepção do ficheiro “.xml” que é copiado para a uma pasta (também gerada automaticamente) conhecida pelo interpretador do *Myriad Music Plug-in* que após a leitura guarda o ficheiro na base de dados.

## 5.4 - Testes

Para avaliar e testar a usabilidade do sistema Web foram feitos testes recorrendo aos diagramas de UML descritos na secção 4.1, verificada a compatibilidade com os browsers mais utilizados e ainda o estudo da aceitação do sistema por pessoas não relacionadas com o projecto.

Analisando, então, todos os diagramas de UML separadamente, foi confirmado o cumprimento de todas as suas ligações e posterior execução dos comandos correspondentes.

Inicialmente, após o desenvolvimento do sistema Web verificou-se que este apenas era compatível com o Mozilla Firefox, Opera, Netscape e Google Chrome. O interpretador do Internet Explorer não reconhecia alguns dos elementos em javascript e em flash, tendo sido por isso alvo de correcção. Primeiro pensamos que o problema existisse apenas porque o sistema estava a ser testado no Internet Explorer 8 que, sendo um browser bastante recente, ainda poderia possuir algumas falhas, mas logo de seguida verificamos que também na versão 7 do Internet Explorer existiam estes erros. Sendo assim, o problema teria de ser do código utilizado. Em relação ao não reconhecimento dos arquivos em flash, após várias tentativas verificou-se que o interpretador do IE não entendia correctamente um campo de identificação existente no código procedendo-se de imediato a essa correcção. Em relação aos elementos em javascript, apenas o menu não estava a funcionar, tendo sido por isso necessária a mudança de todo o menu, uma vez que certos segmentos de código em javascript não eram interpretados pelo Internet Explorer. Assim, com a correcção do código em flash e a criação

de um novo menu em javascript foi possível garantir a compatibilidade do sistema Web também com o Internet Explorer.

Uma vez que era necessária a criação de um sistema Web intuitivo e melhorado graficamente, para verificar a sua aceitação junto do público foi efectuada uma experimentação do sistema por 23 pessoas, com idades compreendidas entre os 17 e os 58 anos. Foi pedido a essas pessoas para criarem uma partitura a partir da página inicial do sistema, onde teriam de fazer o seu registo para posteriormente acederem ao sistema como Utilizador Registado. De seguida teriam de navegar pelo menu procurando qual o submenu a seleccionar para poderem criar a partitura. No entanto, as pessoas não estavam limitadas à criação da partitura, podendo fazer todos os testes que achassem relevantes ao sistema. Após esta fase de teste foram reunidos os resultados anotando qual o seu grau de satisfação relativamente aos dois factores em estudo: navegabilidade e componente gráfica. Foram obtidos os seguintes resultados: 56% das pessoas consideraram o sistema bom ou muito bom de navegar e 78 % das pessoas consideraram que o sistema era bom ou muito bom graficamente. Estes resultados estão sintetizados na forma de gráfico nas figuras seguintes.

Figura 5.2 - Grau de satisfação - Navegabilidade

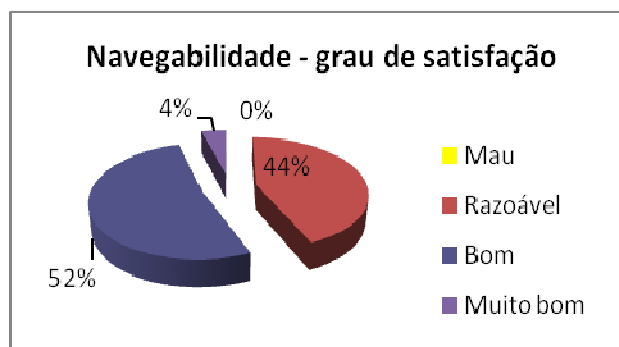
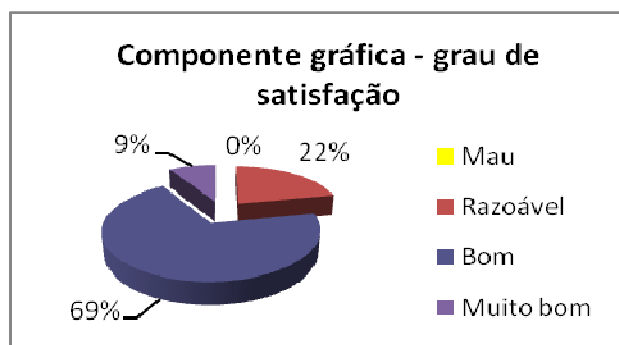


Figura 5.3 - Grau de satisfação - Componente gráfica





# Capítulo 6

## Conclusões

### 6.1 - Revisão do trabalho desenvolvido

O trabalho desenvolvido ao longo destes 4 meses permitiu o melhoramento gráfico da interface de um sistema de reconhecimento de partituras musicais impressas e manuscritas e consequente actualização e verificação dos conteúdos que o compõe, além da integração no sítio Web de um algoritmo OMR capaz de converter partituras manuscritas para o formato digital.

A ordem dos trabalhos pode-se dividir em três partes essenciais:

- Análise do problema proposto, verificação do estado da arte e estudo dos requisitos gerais;
- Aprendizagem e assimilação das tecnologias escolhidas e das respectivas ferramentas de desenvolvimento;
- Desenvolvimento do trabalho.

A primeira fase enunciada foi cumprida elaborando um relatório preliminar, cujo conteúdo incidia sobre os requisitos gerais do sistema, o estudo exaustivo do estado da arte na actualidade, calendarização a tomar e uma breve introdução às tecnologias já utilizadas para o desenvolvimento da versão protótipo já existente.

A segunda fase foi um processo de auto-instrução. A tomada de conhecimento das tecnologias já utilizadas foi feita recorrendo a livros, pesquisas na Internet sobre o assunto e uma análise trabalhosa do código já criado de forma a ser possível perceber a sua estrutura e sintaxe. O processo de aprendizagem das novas tecnologias a serem implementadas foi

conseguido à custa de livros relacionados e a experimentação nas ferramentas de suporte à tecnologia.

A terceira e última fase iniciou-se com a mudança do aspecto da interface gráfica do sítio Web. À medida que se iam fazendo alterações gráficas, iam-se corrigindo pequenas gafes no conteúdo das páginas, modificando código de forma a assegurar o bom funcionamento das mesmas e quando necessário era efectuada a criação de novas páginas para melhorar a navegabilidade ou completar o sistema. Numa fase posterior foi feita a integração do sistema de reconhecimento óptico musical e logo de seguida cumpriu-se uma fase de testes.

A maior parte do tempo foi dispensada à percepção de funcionamento de todo o sistema pois esse conhecimento era essencial para uma correcta abordagem à forma de alterar o protótipo. A parte restante foi dedicada então ao trabalho prático, sendo que se conseguiu uma solução funcional e demonstrável. Embora o trabalho apresente resultados muito completos ainda carece de melhorias. Estas poderão ser desenvolvidas em fases posteriores do projecto.

## 6.2 - Resultados e contribuições relevantes

Procedendo a uma reflexão sobre os resultados obtidos, a primeira conclusão é que de uma forma geral as tecnologias utilizadas foram bem apuradas. No que se refere ao aspecto gráfico, prevê-se que o futuro do *webdesign* se construa à custa das linguagens utilizadas neste projecto para este efeito. Quanto ao modelo MVC elegido, este revelou-se essencial na divisão da aplicação em camadas distintas com funcionalidades bem definidas e também para se realizar um bom desenvolvimento do sistema, onde a detecção e correcção de erros foram facilmente realizados. É importante salientar que estas tecnologias apresentam-se com uma força capaz de garantir uma boa margem de progresso do sistema OMR. Relativamente ao procedimento das provas de desempenho do software, podemos afirmar que este foi feito em três vertentes distintas. Foram testados todos os casos de utilização, foi posta a rodar a aplicação em vários *browsers* distintos e foi feita uma experimentação do sistema por pessoas não relacionadas com o projecto. Os testes revelaram um desempenho positivo tanto num caso como no outro. Importa adiantar que os testes foram cumpridos de forma rigorosa e salvo algumas anomalias, obtiveram-se resultados de acordo com o esperado e portanto com sucesso. Os segmentos de código que apresentavam anomalias foram corrigidos e novamente testados até se obter o comportamento adequado.

O produto final obtido revela melhorias substanciais nas áreas trabalhadas e percebe-se que o protótipo foi desenvolvido e melhorado conseguindo-se obter uma estrutura bem definida e organizada.

Analisando a validade do projecto num futuro a curto/médio prazo, poder-se-á afirmar que a “robustez” do design gráfico aliado à sua simplicidade e celeridade serão prósperos, dependendo que a sua validade vigorará durante 2 a 3 anos.

Chegado a este ponto pensamos que será justo afirmar que os objectivos inicialmente propostos no início foram atingidos de forma satisfatória.

A execução deste projecto fez com que fosse possível adquirir conhecimentos importantes na área da informática mais especificamente relacionados com as linguagens e ferramentas utilizadas na execução do trabalho. Esta sapiência adquirida contribuiu para um enriquecimento a nível pessoal e profissional sendo possível no futuro colocá-la em prática a nível profissional.

O único entrave à realização do projecto foi a falta de tempo para o aperfeiçoamento e complementação do trabalho desenvolvido.

### **6.3 - Trabalho futuro**

No futuro, tendo em vista a complementação poderão ser feitas melhorias ao sistema. Algumas dessas melhorias têm um carácter mais técnico outras um carácter mais relacional.

Tecnicamente, seria benéfico melhorar o *log* de eventos do sistema uma vez que este ainda não é capaz de listar todos os eventos que ocorrem da utilização do mesmo, o algoritmo da pesquisa automática poderia ser alterado de forma a ser possível a pesquisa por fracções de palavra ou por palavra aproximada e as mensagens de aviso de uma acção deviam ser revistas de maneira a garantirem que a mensagem que aparece dentro da box seria a mais completa possível. Poderia também ser feito um controlo mais eficaz do copyright, inserindo na listagem de partituras um campo de selecção que poderia ser activado caso algum utilizador considerasse aquela partitura ilegal e ainda a inclusão de um fórum de discussão para permitir troca de informação entre os diferentes utilizadores.

De um ponto de vista relacional, no futuro poderão ser acrescentadas novas funcionalidades e aplicações visuais e interactivas desenvolvidas em flash ou javascript de forma a promover o interesse dos utilizadores no sítio Web e a oferecer mais serviços, como por exemplo a existência de uma agenda com hiperligações para as notícias referentes a um determinado dia, a criação de um novo banner lateral para modificar o actual quando o utilizador já estivesse registado, entre outros.

Outra tarefa que no futuro teria grande interesse era a criação de uma vertente para deficientes visuais do sítio Web. Já existem tecnologias (incluído algumas das quais foram utilizadas neste trabalho, como por exemplo CSS) que permitem fazer desenvolvimentos nesse sentido.



# Referências

- [1] Artur Capela, “Sistema automático de reconhecimento de pautas musicais manuscritas”, 2007/2008. Disponível em [http://paginas.fe.up.pt/~aas/pub/Aulas/GestEst/Resumos/\\_ResPT/PT\\_21.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~aas/pub/Aulas/GestEst/Resumos/_ResPT/PT_21.pdf). Acesso em Março de 2009.
- [2] Ana Rebelo, “A Shortest Path Approach for Staff Line Detection”, 2007/2008. Disponível em <http://www.inescporto.pt/~arebelo/publications/2007anaRebeloAXMEDIS.pdf>. Acesso em Março de 2009.
- [3] *OMeR*. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/omer.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [4] *Melody Assistant*. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/melody.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [5] *Harmony Assistant*. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/harmony.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [6] *SharpEye Music Reader*. Disponível em <http://www.visiv.co.uk/>. Acesso em Março de 2009.
- [7] *Capella-scan*. Disponível em <http://www.capella-software.com/capscan.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [8] *PhotoScore Ultimate*. Disponível em <http://www.sibelius.com/products/photoscore/ultimate.html>. Acesso em Março de 2009.
- [9] *MIDI-Connections Scan*. Disponível em [http://www.midi-connections.com/pro\\_scanE.htm](http://www.midi-connections.com/pro_scanE.htm). Acesso em Março de 2009.
- [10] *Gamera*. Disponível em <http://gamera.informatik.hsnr.de>. Acesso em Março de 2009.
- [11] *Audiveris*. Disponível em <https://audiveris.dev.java.net>. Acesso em Março de 2009.
- [12] *OpenOMR*. Disponível em <http://portuguese.osstrans.net/software/openomr.html>. Acesso em Março de 2009.
- [13] *SmartScore X Professional*. Disponível em <http://www.musitek.com/smartscre.html>. Acesso em Março de 2009.
- [14] *Free Clef*. Disponível em <http://www.freeclef.org/pt>. Acesso em Março de 2009.
- [15] *Encore*. Disponível em <http://www.gvox.com>. Acesso em Março de 2009.
- [16] *D'Accord Partitura*. Disponível em <http://www.daccord.com.br/produto.php?idProduto=35>. Acesso em Março de 2009.
- [17] *Myriad Music Plug-in*. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/mmplugin.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [18] *Finale*. Disponível em <http://www.finalemusic.com>. Acesso em Março de 2009.
- [19] *Sibelius*. Disponível em <http://www.sibelius.com>. Acesso em Março de 2009.

- [20] Ruby on Rails. Disponível em <http://rubyonrails.org>. Acesso em Março de 2009.
- [21] MySQL. Disponível em <http://www.mysql.com>. Acesso em Março de 2009.
- [22] NetBeans IDE. Disponível em <http://www.netbeans.org>. Acesso em Março de 2009.
- [23] Apache. Disponível em <http://httpd.apache.org>. Acesso em Março de 2009.
- [24] Ellen Finkelstein e Gurdy Leete, “Flash CS4 for Dummies”, Wiley Publishing Inc., 2008.
- [25] John McCreesh, “Learn Ruby On Rails In 4 Days”, 2005.
- [26] Dave Thomas, “Programming Ruby (2nd edition)”, 2004.
- [27] GUIDO. Disponível em <http://www.informatik.tu-darmstadt.de/AFS/SALIERI/guido/index.html>. Acesso em Março de 2009.
- [28] Harmony Assistant. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/harmony.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [29] Melody Assistant. Disponível em <http://www.myriad-online.com/en/products/melody.htm>. Acesso em Março de 2009.
- [30] MusicXML. Disponível em <http://www.musicxml.org/xml.html>. Acesso em Março de 2009.
- [31] NIFF. Disponível em <http://www.arpegmusic.com/manual30/EN561.htm>. Acesso em Março de 2009.

# Glossário

[a] Tablatura – forma de notação musical que diz ao intérprete onde colocar os dedos em um determinado instrumento em vez de informar quais as notas a tocar.