

Capítulo 5

Estudo de casos empregando o Best Vocal 2005 e análise comparativa com outros programas semelhantes

Como primeiro estudo de caso, optou-se por mostrar passo a passo, detalhadamente, como proceder para transpor uma seqüência MIDI adequando-a para performance de um quarteto vocal.

Neste exemplo, além de tornar clara a utilização e potencialidades do Best Vocal 2005, será mostrado sua relevância em tarefas que requerem do músico um bom conhecimento e experiência em teoria musical, além de diminuir sensivelmente o tempo gasto na realização de tarefas afins.

5.1 Determinando o alcance vocal de conforto e adequando seqüências MIDI para acompanhar um grupo vocal

Aplicações:

- Se um cantor for participar de programas de seleção de cantores, tais como o programa da Sony “American Idol”, do “Fama” da Globo, do “Pop Star” do SBT, do “ Programa Raul Gil” ou de outro concurso qualquer de cantores, populares ou eruditos, onde uma das etapas é cantar solo a capela (sem

instrumentos), o maior problema é começar a cantar em uma tonalidade que lhe permita alcançar todas as notas da música sem desafinar (mais grave ainda é não conseguir cantar algumas das notas).

- No caso de um regente ou arranjador de um grupo vocal, um dos grandes problemas a enfrentar é determinar quem vai cantar qual voz em uma determinada música.
- Outro problema enfrentado por maestros e arranjadores é determinar a melhor tonalidade de uma música que permita a todos os cantores cantar agradavelmente a voz a eles destinada.
- O problema se agrava quando se tem poucas opções vocais, um pequeno número de cantores e uma porcentagem significativa de amadores, tanto cantores, quanto regentes e arranjadores.

Assim, determinar a tessitura vocal (o alcance vocal de conforto), para cada cantor e adaptar a música a ela é um trabalho que exige um profissional experiente e com uma relatividade dose de *feeling*.

Neste capítulo será mostrado como adequar uma sequência MIDI para tais tipos de usuários (canto a capela e grupos vocais), culminando na geração de uma sequência MIDI compatível com todos os cantores, estando os mesmos afinados e sem esforçar suas pregas vocais.

5.1.2 Identificando e classificando o range vocal de conforto para um cantor qualquer

O Best Vocal 2005 permite a qualquer tipo de músico, mesmo os sem experiência em classificação vocal e que tenham pouco conhecimento de teoria musical, manuseá-lo, conforme visto no capítulo 4 e repetido alguns pontos ainda neste capítulo.

Na realidade, para o músico utilizar o Best Vocal 2005 ele deverá saber pelo menos os nomes das notas musicais, ou, se nem isto souber, bastará ao mesmo ouvir o som de cada nota musical e identificar qual a nota mais grave e a mais aguda que consegue emitir; tarefa, até então, de pequena ou nenhuma complexidade.

5.1.2.1 Passos para utilização do sistema

1. Foi criado um instalador para o programa produzido, o qual está no CDROM em anexo. Assim, para utilizar o sistema, deve-se instalar o programa (Best Vocal 2005) no computador, bastando clicar no ícone do aplicativo Instalar.exe, conforme mostrado na figura 5.1.



Figura 5.1 - Instalador do Best Vocal 2005

2. A instalação é simples, bastando concordar com tudo o que for solicitado. Ao fazer isto, um grupo de programas é criado no computador. Para utilizar o sistema deve-se clicar no menu **Iniciar** do Windows, escolher o grupo **Best Vocal 2005** e clicar na opção **BestVocal2005.exe**, conforme figura 5.2.

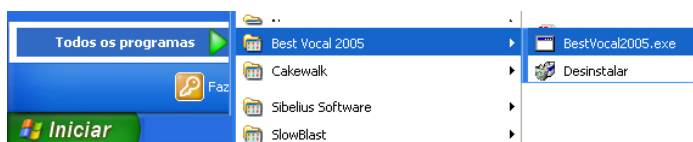


Figura 5.2 - Ativando o Best Vocal 2005

3. Ao fazer isto, a interface do Best Vocal 2005 é aberta, conforme figura 5.3.

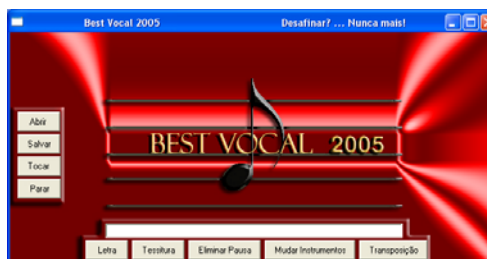


Figura 5.3 - Interface do Best Vocal 2005

4. Para utilizar o Best Vocal, deve-se, conforme afirmado no capítulo 5, abrir um arquivo MIDI qualquer para ativar a interface. Se o problema for apenas classificar uma voz, qualquer arquivo MIDI serve. Para abrir o arquivo MIDI,

basta clicar no botão . Ao fazer isto, a janela explorar do Windows é aberta. Escolha o diretório e o arquivo que deseja abrir. No exemplo da figura 5.4, escolheu-se a música **PL088101.mid** da revista Playmusic 81, cedida pela mesma e colocada no CDROM em anexo.

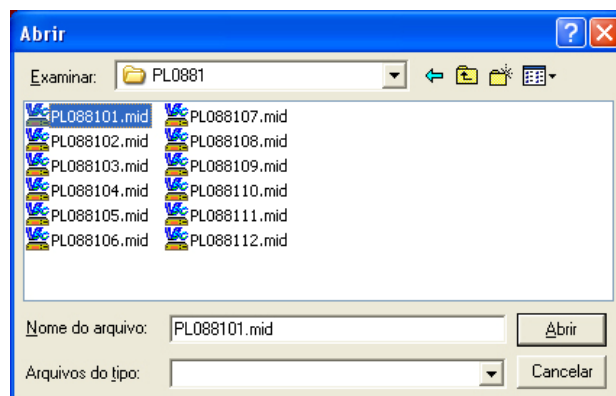


Figura 5.4 - Abrindo um arquivo MIDI

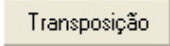
- 5 Se o arquivo realmente existir e for uma seqüência MIDI correta, a interface mostra uma mensagem informando que a abertura foi concluída com sucesso (Figura 5.5) ou uma mensagem que o arquivo não é um arquivo MIDI válido (Figura 5.6).



Figura 5.5 - Mensagem de arquivo aberto com sucesso



Figura 5.6 - Mensagem de erro ao abrir um arquivo

- 6 De posse do arquivo aberto, a interface está ativada e todas as ferramentas se tornam operacionais.
- 7 Deve-se clicar no botão  para abrir a janela com as ferramentas que permitem a determinação do range vocal de cada cantor.

- 8 Ao fazer isto, a janela **Transpositor** é aberta apresentando a interface da mesma, conforme mostrado na figura 5.7.

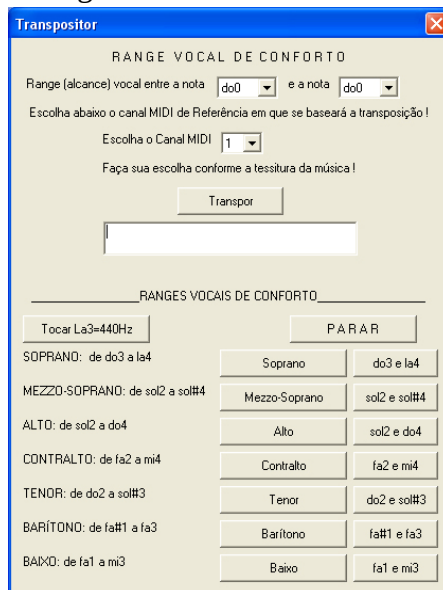


Figura 5.7 - Janela de Transposição e identificação de range vocal

- 9 Para que o cantor possa determinar o seu range (alcance vocal de conforto), existem três possibilidades:

9.1 Pode-se utilizar os botões que disparam (tocam) todas as notas dos ranges das classificações vocais mais usuais. Ao utilizar esta opção o músico poderá cantar junto com o som produzido pelo sistema e ver se realmente consegue reproduzir todas as notas com qualidade. Como geralmente a autocrítica não é um forte do ser humano, o ideal é que se peça a alguém para escutar junto para se ter uma segunda opinião. Esta ferramenta é bastante útil como assistência a regentes, fonoaudiólogos e profissionais do canto que normalmente fazem este tipo de análise em suas profissões.

As classificações vocais e seus ranges, disponibilizadas no sistema, estão registradas na figura 5.8 a seguir:

SOPRANO: de do3 a la4
MEZZO-SOPRANO: de sol2 a sol#4
ALTO: de sol2 a do4
CONTRALTO: de fa2 a mi4
TENOR: de do2 a sol#3
BARÍTONO: de fa#1 a fa3
BAIXO: de fa1 a mi3

Figura 5.8 - Classificação vocal padrão e seus ranges

Para fazer soar todas as notas de cada uma das classificações, basta clicar nos botões correspondentes, mostrados na figura 5.9.

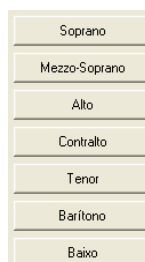


Figura 5.9 - Botões de disparo das notas dos ranges

9.2 Pode-se utilizar os botões que apenas tocam as notas limites (mais grave e mais aguda) das classificações. Esta opção é ideal para quem já reconhecidamente possui uma boa voz, bastando ouvir os limites dos ranges para se classificar, já que tem certeza que todas as demais notas soarão bem dentro dos limites identificados.

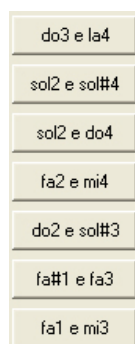


Figura 5.10 - Botões de limites de range

9.3 Pode-se utilizar os menus pop-up localizados no alto da janela **Transpositor**, o qual contém todas as notas musicais¹ entre a nota **Dó0** (32,7 Hz) e a nota **Si5** (1975,5Hz). Ao escolher clicar em uma nota qualquer, o Best Vocal produz o som da mesma para a apreciação do cantor. Utilizar os pop-ups para determinar os limites do range vocal é bastante útil para cantores que possuam um alcance vocal maior ou menor que o das classificações, ou seja, possuem um range vocal não padrão. A figura 5.11 mostra a utilização dos pop-ups.

¹ Cabe lembrar que, para a notação Brasileira e adotada pelo Best Vocal, o **Lá3** (diapasão) possui a frequência de 440Hz.

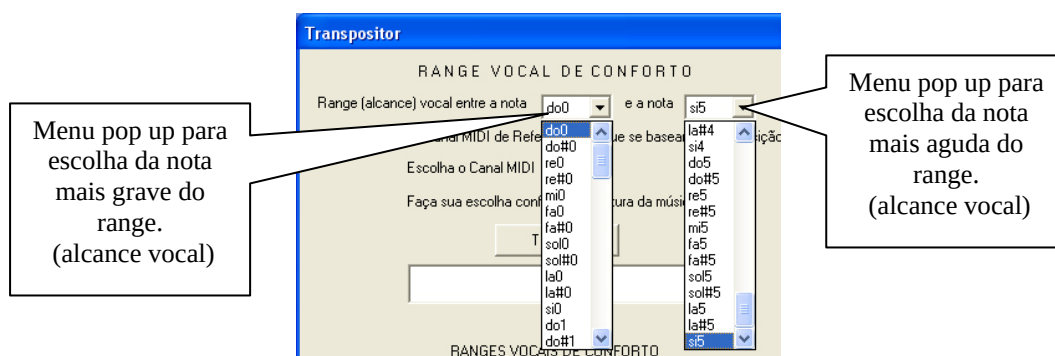


Figura 5.11 - Tocando tons através dos menus pop-ups

9.4 Assim, o usuário pode utilizar apenas uma das opções ou todas em conjunto. Realizados testes de campo, estatisticamente a preferência de utilização se deu nos três caminhos, executados na seguinte seqüência:

- Deve-se escutar inicialmente todas as notas de cada classificação e seus limites, observando se é possível cantar a nota mais grave e mais aguda de cada classificação. Caso desejar interromper a execução do range completo, basta clicar no botão **PARAR** ou clicar em outro botão de classificação.
- Caso não consiga cantar todas as notas de uma das classificações, anote os nomes das notas musicais limites da classificação na qual você atingiu mais notas e vá para o menu pop-up para identificar as notas limites de seu alcance vocal de conforto (Figura 5.12).

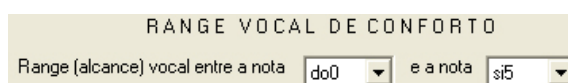


Figura 5.12 – Limites do range vocal de conforto

- Partindo da nota limite inferior do range escolhido, clique no menu pop-up da esquerda, o qual permite a escolha da nota mais grave (Figura 5.13), e identifique o limite inferior de seu range vocal.

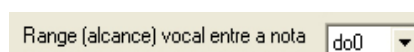


Figura 5.13 – Limite inferior do range

- Partindo da nota limite superior do range escolhido, clique no menu pop-up da direita, o qual permite a escolha da nota mais aguda (Figura 5.14), e identifique o limite superior de seu range vocal.



Figura 5.14 - Limite superior do range

- Anote estes limites. Futuramente precisará utilizá-los para transpor a música para um arranjo vocal completo para vários cantores.
- Caso a extensão vocal do cantor seja superior à das classificações, escolha a que lhe for mais confortável, anote os nomes das notas musicais limites desta classificação e vá para o menu pop-up identificar as notas limites de seu alcance vocal de conforto.
- Partindo da nota limite inferior do range escolhido, deve-se clicar no menu pop-up da esquerda, o qual permite a escolha da nota mais grave. Identifique o limite inferior do range vocal, escolhendo notas mais graves até que não consiga produzir a nota escolhida ou que a mesma saia “suja” ou desafinada. Neste caso, anote a nota anterior a esta última, a qual identificará o limite inferior real do range².
- Partindo da nota limite superior do range escolhido, clique no menu pop-up da direita, o qual permite a escolha da nota mais aguda (Figura 16). Identifique o limite superior do range vocal, escolhendo notas mais agudas até que não consiga produzir a nota escolhida ou que a mesma saia “suja” ou desafinada. Neste caso, anote a nota anterior, a qual identificará o limite superior real do alcance vocal de conforto (Tessitura).

² Existem casos em que cantores alcançam mais de um range de classificação. Isto é muito comum de acontecer.

5.2 Identificação do range vocal do cantor, manipulação de arquivos MIDI e transposição musical baseada no range do cantor

Este item é responsável por:

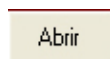
- apresentar as ferramentas desenvolvidas para auxiliar o cantor a identificar seu range vocal de conforto,
- mostrar como extrair do arquivo MIDI o range de cada instrumento, cada canal MIDI,
- mostrar como determinar em qual canal da sequência MIDI está a melodia que se deseja cantar,
- mostrar como eliminar as pausas iniciais que possivelmente existam na sequência MIDI,
- mostrar como transpor a música (sequência MIDI) a partir do conhecimento do canal MIDI da melodia e do range vocal do cantor.

Assim, para transpor a sequência MIDI (uma música) de tal forma que todos os cantores sejam agraciados com uma melodia adequada a seu range vocal de conforto, deve-se seguir as seguintes instruções:

5.2.1 Abrindo um novo arquivo MIDI

Escolha um arquivo **MIDI** contendo a música desejada. No exemplo dado, utilizar-se-á a sequência MIDI SABIA.mid (disponibilizada no CDROM em anexo), a qual contém um arranjo coral a 4 vozes.

- 1- Abra o arquivo exemplo contendo a música **SABIÁ**. Para tanto, clique no botão



Feito isto, a janela explorar do Windows é aberta permitindo que o usuário escolha o diretório e o arquivo que deseja abrir (SABIA.mid).



Figura 5.15 – Abrindo o arranjo vocal a 4 vozes

2- Se o arquivo realmente existir e for uma seqüência MIDI correta, a interface mostra uma mensagem informando que o arquivo MIDI foi aberto com sucesso (Figura 5.16) ou uma mensagem que o arquivo não é um arquivo MIDI (Figura 5.17).



Figura 5.16 – Mensagem de arquivo aberto com sucesso

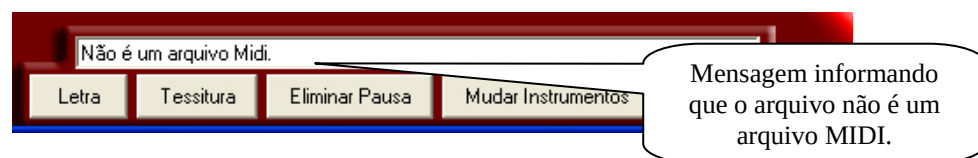


Figura 5.17 - Mensagem de erro na abertura de um arquivo

5.3 Verificando a tessitura dos instrumentos do arranjo midi

1. Clique no botão  e a janela *Tessitura da Musica* será aberta com todos os canais de seu coral e o instrumento que estiver em cada canal.
2. Observe o item TESSITURA DE CADA CANAL MIDI. Nele estarão especificadas as notas mais graves e agudas que o instrumento alcança.
3. Observe o item INSTRUMENTOS DE CADA CANAL. No mesmo são apresentados os instrumentos de cada canal. Isto facilita a identificação do instrumento MIDI que está tocando uma voz específica. No exemplo da figura 5.18, todos os canais estão tocando o instrumento ChoirAahs (coral de Aahs).

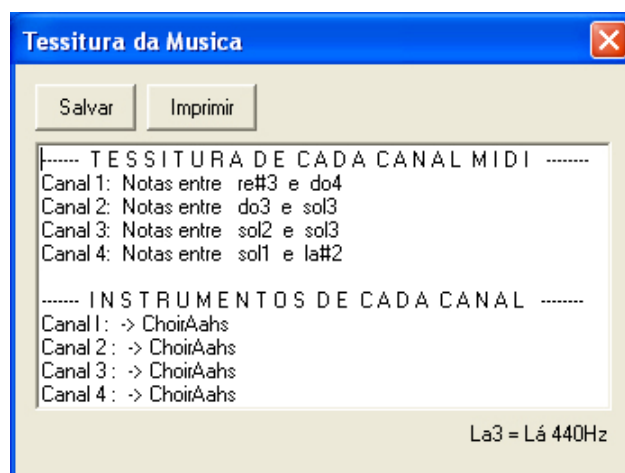


Figura 5.18 - Janela de range e nome dos instrumentos

4. As figuras 5.19 e 5.20 mostram um detalhe desta janela com informações sobre o Canal MIDI 1, de onde se conclui que a tessitura do Canal 1 está entre as notas musicais **re#3** e o **do4**. Não se pode esquecer que para o Best Vocal 2005, em português, o dó central do piano é o **Dó3**, e o **Lá 440Hz** é o **Lá3** (figura 5.21).

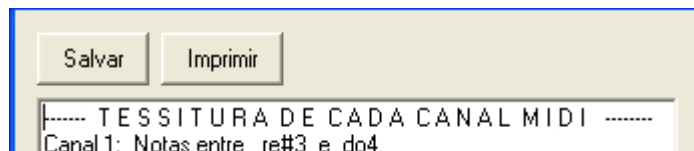


Figura 5.19 – Tessitura do canal 1

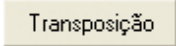


Figura 5.20 - Instrumento do canal 1



Figura 5.21 – Dó central do piano e o Lá 440Hz

5.4 Verificando se o alcance vocal dos cantores é adequado a uma determinada sequência MIDI

- 1- Ao abrir a janela Tessitura da Música (Figura 5.22) obtém-se o conhecimento do range de notas abrangido por cada Canal MIDI. Na mesma observa-se que a música possui um arranjo vocal para quatro vozes. A tessitura de cada voz está especificada naquela janela. No item 5.1 foi mostrado com detalhes como determinar o alcance vocal de um cantor utilizando a janela **Transpositor** do Best Vocal 2005, o qual era acionado ao se clicar no botão .
- 2- Suponha que se tenha quatro cantores para cantar o arranjo, e que cada um já realizou a identificação de seu alcance vocal de conforto, conforme a seguir:
 - **Cantor 1:** alcança da nota **sol2** até a **lá4**.
 - **Cantor 2:** alcança da nota **fá3** até a **mi4**
 - **Cantor 3:** alcança da nota **do2** até a **mi4**.
 - **Cantor 4:** alcança da nota **fá1** até a **sol3**.

- 3- Para facilitar enxergar os ranges dos cantores e confrontá-los com os ranges dos instrumentos do arranjo da música Sabiá, a figura 5.22 mostra a superposição dos mesmos visualizando em um teclado de piano.

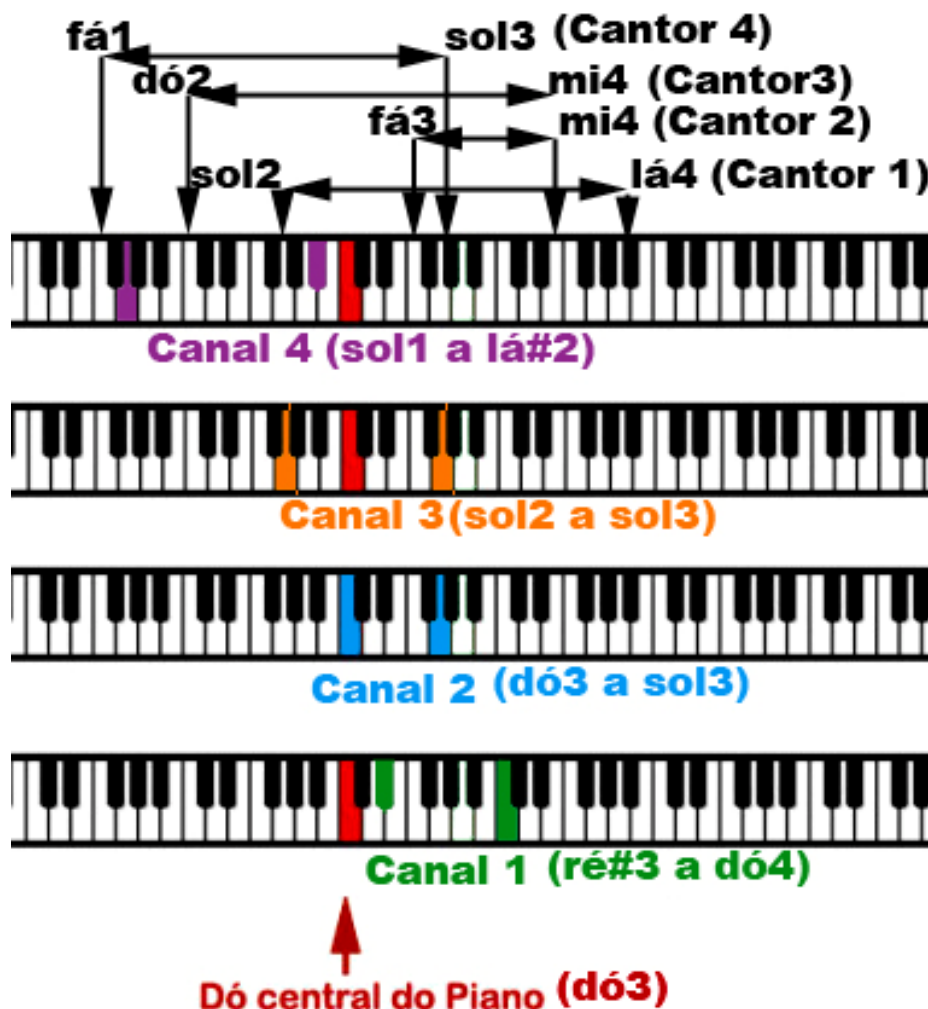


Figura 5.22 – Visualização gráfica dos ranges dos canais do arranjo e dos cantores

• Cantor 1

Através da figura 5.23, percebe-se que o Cantor 1 possui um alcance vocal (range) que abrange as vozes do Canal 1, do Canal 2 e do Canal 3, estando o mesmo apto a cantar qualquer uma destas vozes.

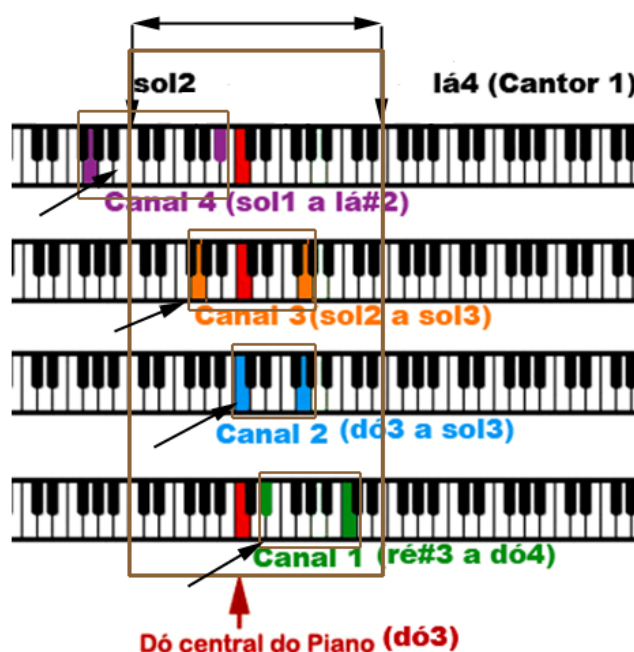


Figura 5.23 - Range do cantor 1 x Tessitura da música

• Cantor 2

Através da figura 5.24, percebe-se que o Cantor 2 não possui um alcance vocal (range) que abrange alguma das vozes do arranjo, e, desta forma, não está apto a cantar qualquer uma destas vozes na tonalidade atual da música.

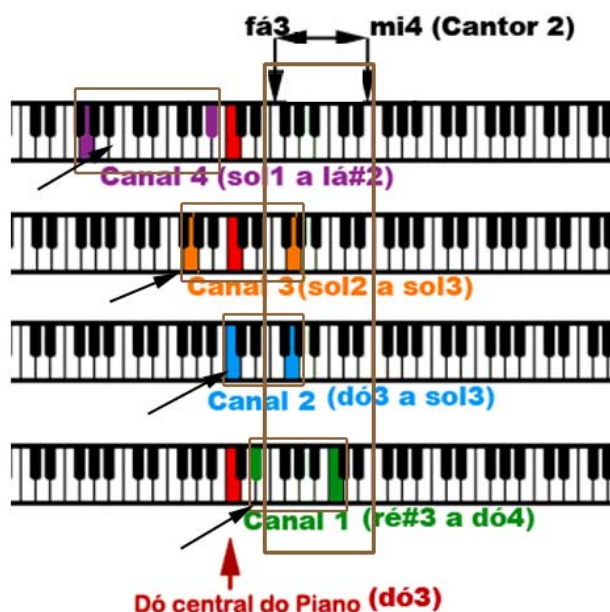


Figura 5.24 - Range do cantor 2 x Tessitura da música

- **Cantor 3**

Através da figura 5.25, percebe-se que o Cantor 3 também possui um alcance vocal (range) que abrange as vozes do Canal 1, do Canal 2 e do Canal 3, estando o mesmo apto a cantar qualquer uma destas vozes.

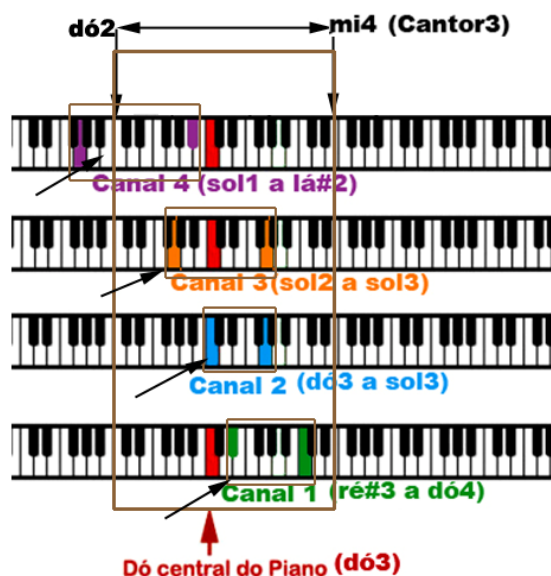


Figura 5.25 - Range do cantor 3 x Tessitura da música

- **Cantor 4**

Através da figura 5.26, percebe-se que o Cantor 4 possui um alcance vocal (range) que abrange as vozes do Canal 2, do Canal 3 e Canal 4, estando o mesmo apto a cantar qualquer uma destas vozes.

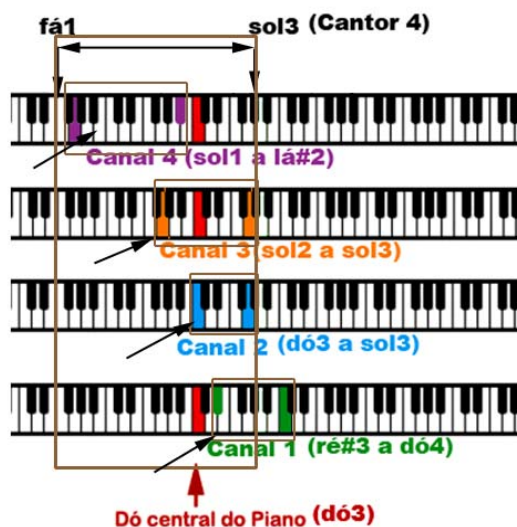


Figura 5.26 - Range do cantor 4 x Tessitura da música

Apenas o Cantor 2 não possui alcance vocal para cantar qualquer uma das vozes. A opção seria trocar este cantor ou transpor a música para que ele consiga cantar pelo menos uma das vozes. A primeira opção que deve ser testada é transpor a música para enquadrar todos os cantores ao arranjo, sem que seja necessário procurar um novo cantor com range suficiente para fazer parte deste grupo vocal.

5.5 Adequando o arranjo da seqüência MIDI para que todos os cantores, inclusive o Cantor 2, do presente quarteto vocal possam cantar uma determinada voz da música Sabiá

De posse do Best Vocal, esta tarefa já não pode ser considerada complexa ou trabalhosa. Basta, para tanto, seguir os passos mostrados a seguir:

1. No exemplo dado, o **Cantor 2** não consegue cantar nenhuma voz (melodia). Assim, todo o trabalho da transposição será ajustar o arranjo para que este cantor seja capaz de cantar pelo menos uma das melodias.
2. Para tanto, deve-se escolher uma das vozes da música que possua uma extensão vocal (número de notas musicais do range) igual ou menor que a do Cantor 2, já que esta voz deverá ficar enquadrada e centralizada no range vocal deste cantor.

3. Analisando o arranjo, verifica-se que o Canal 2 atende este requisito. O range do Canal 2 possui 9 (nove) notas, enquanto o range do Cantor 2 possui um range com 12 (doze) notas.
4. Assim, a solução agora é transpor a música conforme o alcance vocal deste cantor (Cantor 2) e a voz que ele deseja cantar (Canal 2). O **Best Vocal**, conforme já descrito neste capítulo e no capítulo 5, faz isto automaticamente, mediante a inserção correta do range do cantor e do canal MIDI onde reside a melodia que se deseja cantar.
5. Para tanto, nos menus pop-up de RANGE VOCAL DE CONFORTO (na janela **Transpositor**), coloque o range vocal do Cantor 2, conforme mostrado na figura 5.27.
6. Logo após, selecione o Canal MIDI 2 que será transposto, juntamente com todos os demais canais, para adequar o arranjo ao Cantor 2 (figura 5.27).
7. Feito isto, clique no botão **Transpor**, conforme figura 5.27.

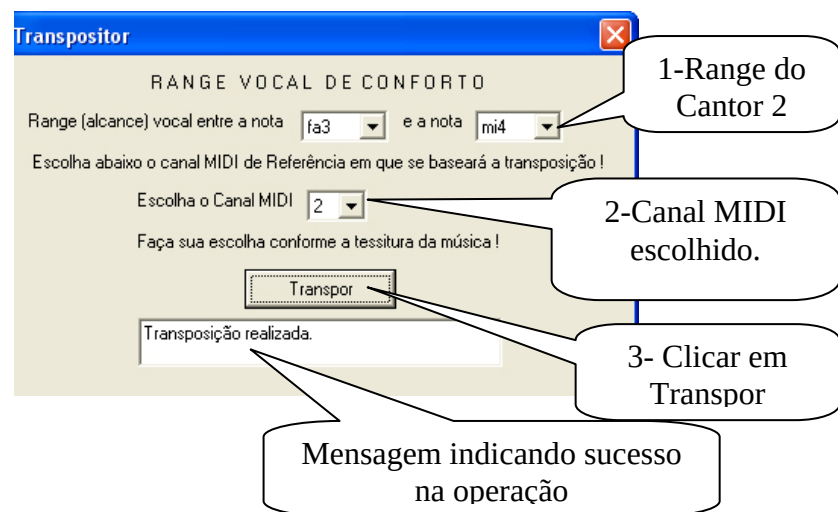
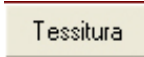


Figura 5.27 - Transpondo a música automaticamente

8. A próxima etapa é verificar a nova tessitura dos Canais do Arranjo, agora adaptado ao Cantor 2 para que possa cantar a melodia do Canal 2, para ver se os outros cantores ainda conseguem cantar pelo menos uma das vozes cada um.
9. Para tanto, basta clicar novamente no botão .

10. Ao fazer isto, uma nova janela de tessitura é aberta. Mantendo a anterior também ativa, você poderá comparar a música original com a transposta.
11. A vantagem de deixar a janela de tessitura anterior e posterior é facilitar verificar o que foi modificado. As duas janelas ficam sobrepostas. Assim, para ver as duas, desloque uma delas para sair uma de cima da outra. A figura 5.28 mostra estas duas janelas lado a lado. Logo abaixo desta figura é repetido o alcance dos cantores com a finalidade de verificar se a nova seqüência musical atende as solicitações, ou seja, se existe um cantor para executar cada uma das 4 (quatro) vozes..



Figura 5.28 – Tessitura antes e depois da transposição automática

Range vocal do quarteto vocal.

- **Cantor 1:** alcança da nota **sol2** até a **lá4**.
- **Cantor 2:** alcança da nota **fá3** até a **mi4**.
- **Cantor 3:** alcança da nota **do2** até a **mi4**.
- **Cantor 4:** alcança da nota **fá1** até a **sol3**.

5.6 Nova análise dos Cantores e Canais

- **Cantor 1:** Com seu range (de **sol2** a **lá4**), o mesmo consegue cantar o range das melodias (vozes) do Canal 1, do Canal 2 e do Canal 3.

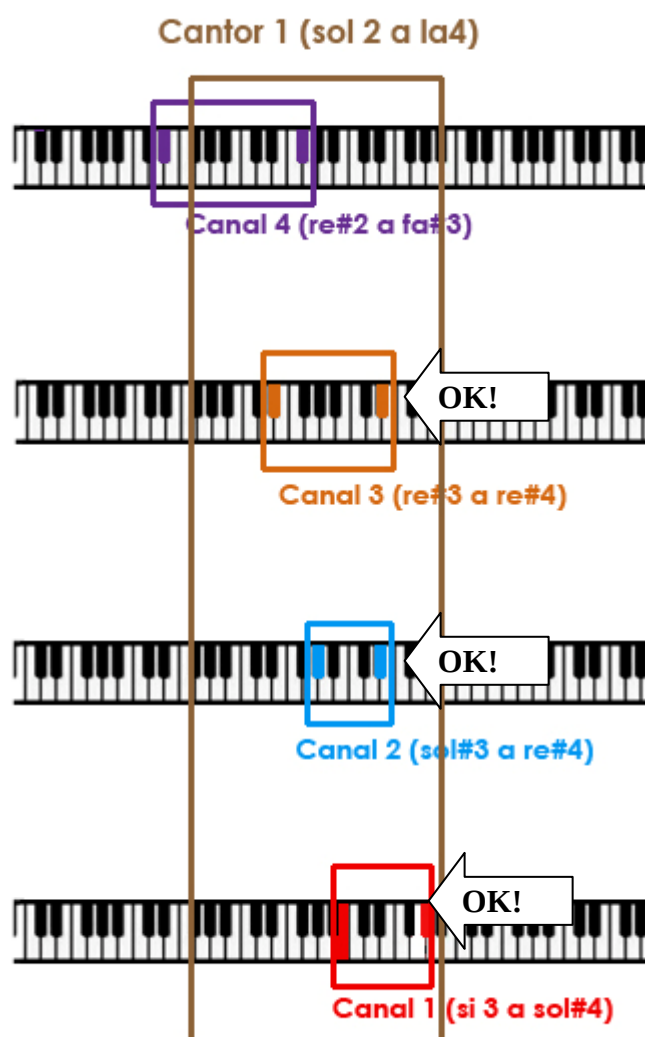


Figura 5.29 – Comparação do range do cantor 1 com as melodias transpostas

- **Cantor 2:** Com seu range (de fá3 a mi4), o mesmo consegue cantar apenas o range da melodia (voz) do Canal 2, conforme projetado.

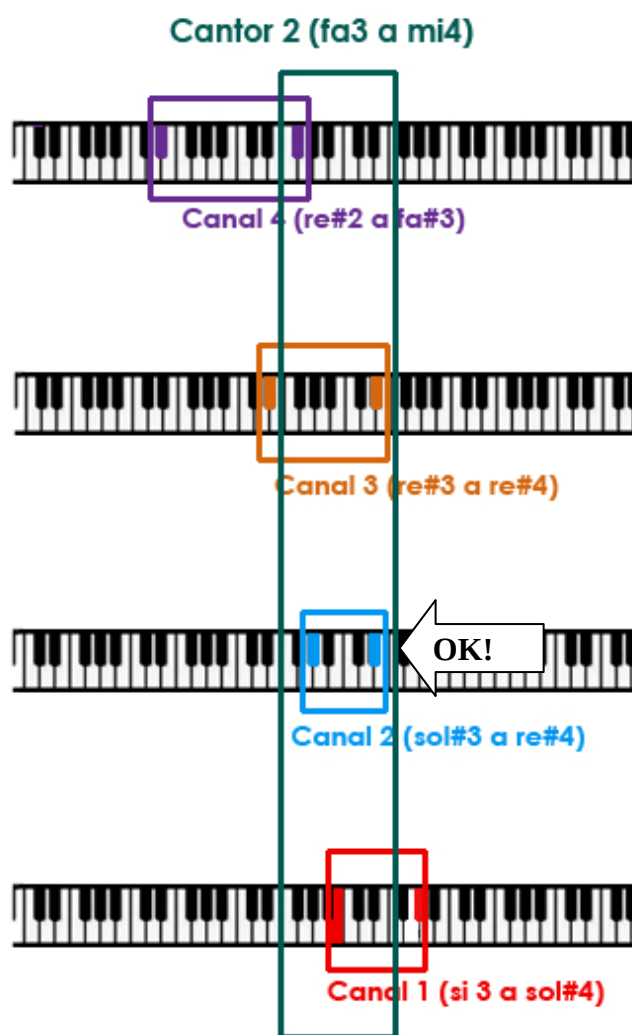


Figura 5.30 – Comparação do range do cantor 2 com as melodias transpostas

- **Cantor 3:** Com seu range (de **do2** a **mi4**), o mesmo consegue cantar os ranges das melodias (vozes) do Canal 2, do Canal 3 e do Canal 4.

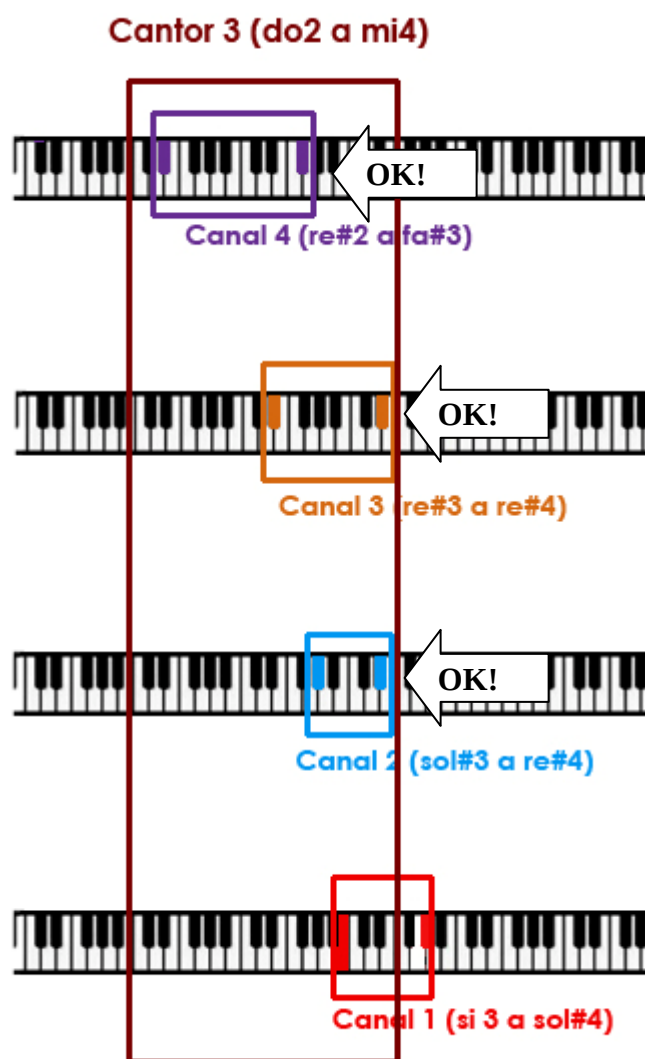


Figura 5.31 – Comparação do range do cantor 3 com as melodias transpostas

- **Cantor 4:** Com seu range (de fá1 a sol3), o mesmo consegue cantar o range da melodia (voz) do Canal 4.

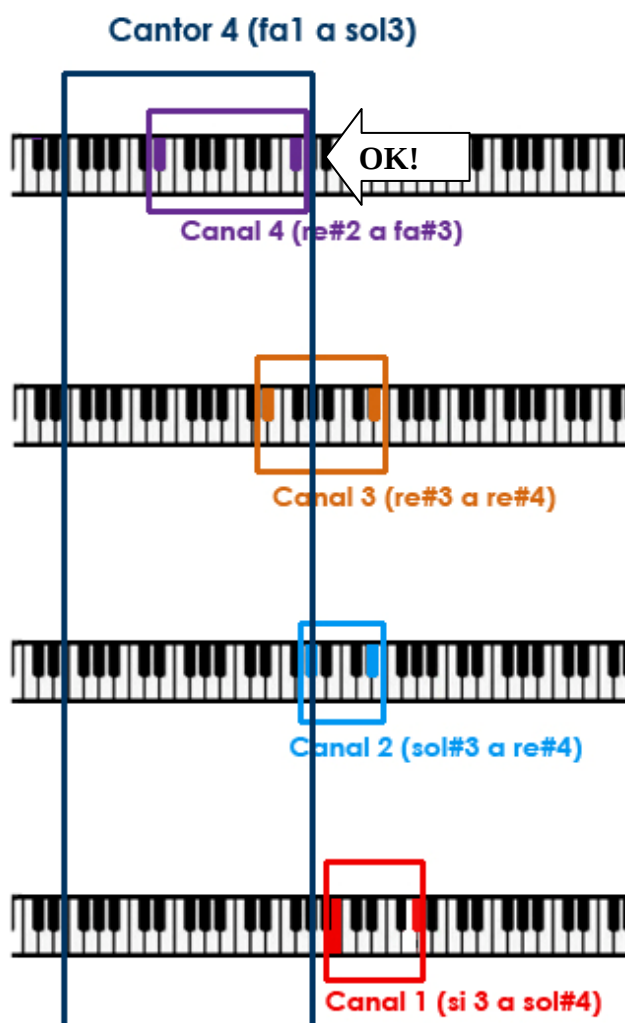


Figura 5.32 – Comparação do range do cantor 4 com as melodias transpostas

Deve-se observar que a transposição automática realizada pelo Best Vocal 2005 apresentou uma solução para o problema, onde:

- Para a voz do Canal 1 tem-se a opção do Cantor 1;
- Para a voz do Canal 2 tem-se a opção do Cantor 1, do Cantor 2 ou do Cantor 3;
- Para a voz do Canal 3 tem-se a opção do Cantor 1 ou do Cantor 3;
- Para a voz do Canal 4 tem-se a opção do Cantor 3 ou do Cantor 4.

A escolha dos cantores para o novo arranjo da música Sabiá é a seguinte:

- **Voz do Canal 1 – Cantor 1** (única opção deste cantor).
- **Voz do Canal 2 – Cantor 2** (única voz que o mesmo consegue cantar).
- **Voz do Canal 3 – Cantor 3** (já que a voz 1 foi destinada ao cantor 1)
- **Voz do Canal 4 – Cantor 4** (único que consegue cantar a voz 4).

Observações Relevantes:

O resultado final obtido, da mesma forma que o estudo de caso real realizado e que será apresentado ainda neste capítulo, item 5.10, dependerá da qualidade vocal dos cantores. Se os mesmos tiverem boa qualidade no timbre em todo os ranges vocais identificados, personalizadamente, o resultado será bom, já que se garante com tal transposição que o cantor irá conseguir cantar todas as notas da melodia destinada a ele, bem como não desafinará.

Por outro lado, nem sempre o resultado final do conjunto será o melhor resultado possível, já que o timbre de alguns cantores são mais agradáveis na região mais aguda, outros, na região mais grave.

Partindo desta afirmativa, se existir para todos os cantores mais de uma opção de transposição, dever-se-á adotar aquela que permita ao cantor cantar em uma região onde seu timbre é mais agradável. Observando o caso do cantor 2, o mesmo possui um range de Fá3 a Mi4, e, o canal que vai executar possui um range de Sol#3 a Ré4. Assim, pode-se perceber que este cantor terá a opção de escolher entre cinco transposições, tonalidades, possíveis, ou seja:

10 De Lá3 a Mi 4

11 De Sol#3 a Ré# 4 (o sugerido pelo sistema)

12 De Sol 3 a Ré 4

13 De Fá#3 a Dó#4

14 De Fá 3 a Dó 4

Desta forma, pode ser que uma das outras quatro alternativas seja melhor, em termos de resultado sonoro, do que a centralizada no range.

Assim, deve-se prever como trabalho futuro, gerar esta informação ao cantor, permitindo que o mesmo escolha para qual tonalidade a música deverá ser transposta. Apesar de, na maioria das vezes, ser mais prático substituir o cantor que não possui uma

boa extensão vocal, com o sistema desenvolvido a tarefa de adaptar uma música para um ou mais cantores passa a ser mais agradável e efetiva.

Concluindo, com o Best Vocal pode-se adaptar um arranjo a um número determinado de cantores, com segurança, e de uma forma rápida, sem que, neste processo, seja necessário substituir um cantor nem correr o risco de destinar uma voz inadequada a um cantor que a executará com dificuldade, desafinadamente e com baixa qualidade.

5.7 Eliminando as pausas iniciais do arquivo

- 1- Antes de salvar as modificações realizadas, para que o usuário não tenha que esperar alguns segundos para o arquivo começar a tocar, devido à existência de pausas no início do arquivo, o mesmo pode eliminar estas pausas simplesmente clicando no botão de eliminar pausa existente na interface principal do Best Vocal 2005, conforme mostra a figura 5.33.



Figura 5.33 – Eliminando pausas iniciais do arquivo

- 2- Ao fazer isto, uma mensagem “Pausa retirada” é mostrada no campo de texto.

5.8 Salvando as modificações realizadas: transposição e eliminação de pausas

O Best Vocal salva a seqüência MIDI transposta, sem qualquer alteração adicional ao arquivo original que não seja as notas musicais dos canais, transpostas de acordo com o range vocal de um ou mais cantores. Para tanto, deve-se proceder os seguintes passos:



- 1- Clicar no botão  da interface principal do Best Vocal 2005.
- 2- Ao fazer isto, em algumas máquinas e sistemas operacionais o botão de salvar fica em branco, e, em outros, toda a interface fica em branco. Quando isso acontece,

têm-se a impressão que algo errado ocorreu. Não é verdade: o que ocorreu é normal!

- 3- Dependendo da complexidade do arquivo MIDI, do grau de ocupação da máquina, ou seja, de quantos processos a mesma estiver rodando no momento, o salvamento gasta de 1 (um) a 7 (sete) minutos.

Como exemplo: em um Duron de 900 MHz com 128 MBytes de RAM e taxa de ocupação menor que 30%, uma música de 30Kbytes, com 10 canais, gasta em média 3 minutos e meio para salvar.

Deste estudo de caso, pode-se perceber que o programa implementado atende os requisitos a ele solicitado.

5.9 Outros programas que fazem operações semelhantes às do Best Vocal

Existem vários programas comerciais que realizam transposição musical, tais como o Band-in-a-Box, o Finale, o Sibelius, o Sonar, e outros. O que ocorre é que estes programas fazem a transposição tradicional baseada em tonalidades ou por uma quantidade de semitons acima ou abaixo do pré-existente.

Apenas o Band-in-a-Box, partir da versão de 2005, é que começa a fazer transposições baseadas em tessitura, até mesmo por solicitação do grupo de Computação Musical da FEELT no ano de 2004, o qual já tinha escrito alguns livros e vários artigos sobre este programa com o subsídio dos programas cedidos pela PG Music Inc (www.pgmusic.com).

Após a solicitação, sem sucesso a curto prazo, resolveu-se implementar neste trabalho de dissertação um sistema que fosse simples, eficiente e aderente ao usuário do domínio musical, onde, já mesmo em 2004, apresentou-se a primeira versão do Best Vocal 2004, com publicação sobre análise do mesmo na revista Playmusic de fevereiro de 2005.

5.9.1 Band-in-a-Box 2005

O Band-in-a-Box 2005 incorporou uma ferramenta para transposição de arranjos baseado em *vocal range* (extensão vocal). Um dos problemas que esta ferramenta apresenta é que ela só aceita arranjos elaborados na sua plataforma e que tenha pelo menos uma trilha de melodia. Outra limitação é que a interface é complexa de ser utilizada por um usuário leigo em aplicativos computacionais aplicados à música, bem como demanda do usuário de conhecimentos mais profundos de teoria musical. A figura 5.34 mostra a interface inicial desta ferramenta.

Nas figuras 5.34 e 5.35 são mostradas as interfaces desta ferramenta.

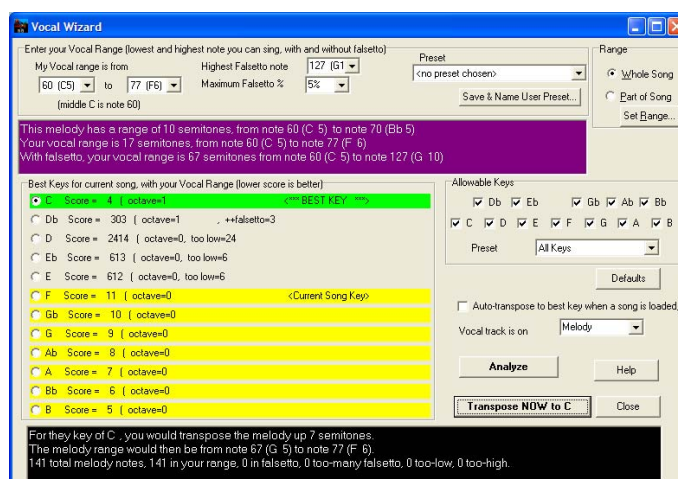


Figura 5.34 – Interface principal do Vocal Wizard



Figura 5.35 – Interface de escolha de range

5.9.2 Sibelius 2005

Este programa possui uma ferramenta para identificação de range por canal. O problema é que o mesmo faz isto apenas quando o arquivo MIDI é aberto em seu ambiente, e, gerada uma partitura de seu conteúdo. O mesmo marca (com uma cor diferente) a nota mais grave e a nota mais aguda de um determinado .

No caso da transposição, o Sibelius a realiza por tonalidade e por intervalos musicais (distância musical entre uma nota e outra – ver capítulo 3 - item 3.7.1), exigindo do usuário um bom conhecimento de teoria musical.

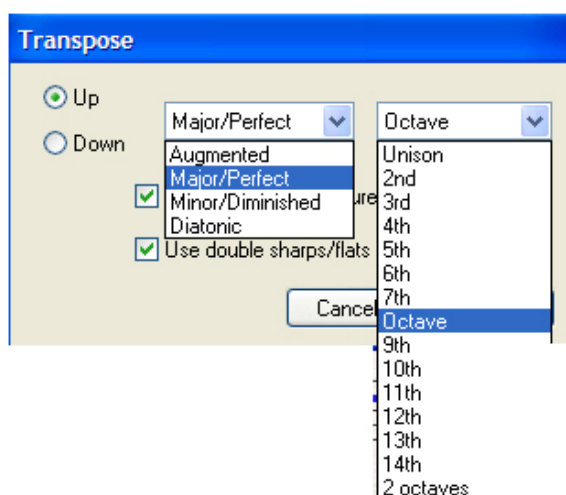


Figura 5.36 – Transposição no Sibelius 2005

5.9.3 Finale 2005

O Finale 2005 também apresenta apenas o método tradicional de transposição musical baseada em tonalidade. A janela da ferramenta de transposição deste programa é mostrada na figura 5.37.

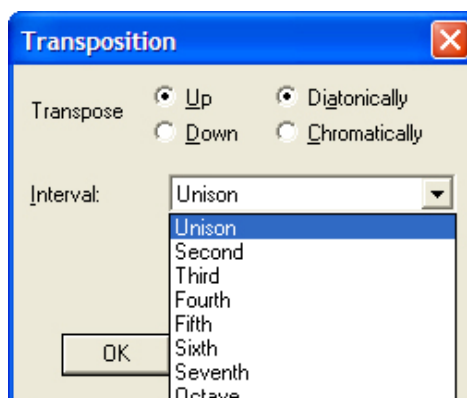


Figura 5.37 – Transposição no Finale 2005

5.9.4 Sonar 4 – 2005

O Sonar é um programa que atende a um público alvo formado de profissionais de estúdio e músicos sequenciadores. Este público geralmente possui pouco conhecimento de teoria musical, de notação de partituras e de teoria musical. Dessa forma, este programa possui uma ferramenta simples de transposição que busca atender a esse tipo de usuário. A mesma é baseada em transposição por semitons³, onde o músico escolhe quantos semitons acima ou abaixo, da tonalidade da música existente, deseja transpor. O Sonar não realiza transposições baseadas em tessitura vocal ou por tonalidade.

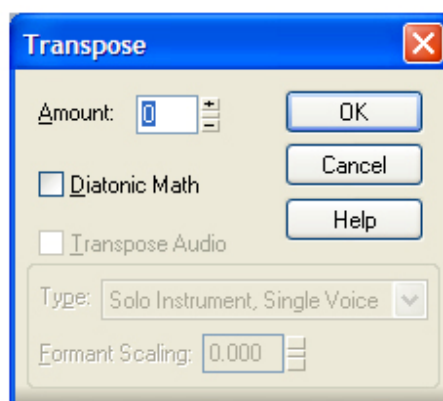


Figura 5.38 –Transposição no Sonar 4

³ Um semitom é a distância em frequência entre duas notas musicais quaisquer – ver Capítulo 3, item 3.6.1

Pontos relevantes

Analizados estes sistemas profissionais, nota-se uma carência de ferramentas que venham facilitar e viabilizar algumas tarefas do domínio musical mediada pelo computador, as quais, esta dissertação e seu produto gerado vêm contribuir, inserindo no universo da computação musical uma ferramenta para eliminar pausas de arquivos MIDI, integrada em um sistema automático de transposição baseada na tessitura vocal de um cantor ou grupo vocal qualquer.

5.10 Um estudo de caso realizado com um cantor popular usuário profissional da música seqüenciada

Este estudo foi feito com um cantor popular masculino. Ao mesmo foi apresentada a interface e sua operacionalidade. Seguindo as instruções necessárias, o mesmo procedeu da seguinte forma, acompanhado pela autora deste trabalho.

1. Em primeiro lugar, o mesmo instalou o programa, e, dentro do grupo de programa **Best Vocal 2005** criado, o mesmo clicou no executável **bestvocal2005.exe**, conforme a figura 5.39.

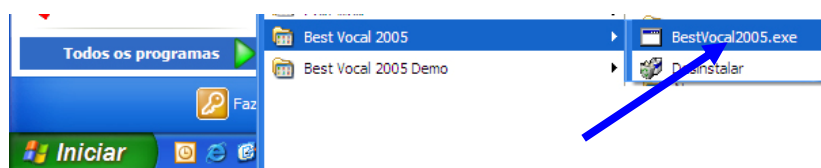


Figura 5.39 –Abertura do programa Best Vocal 2005

2. Ao fazer isto, o sistema abriu a interface inicial, conforme a figura 5.40.



Figura 5.40 – Interface Inicial

3. Seguindo as instruções, o cantor foi orientado a clicar no botão **Abrir** para escolher no gerenciador de arquivos do Windows um arquivo MIDI formato 0 ou formato 1, contendo a música com a respectiva melodia que desejava cantar, no caso, o arquivo PL088010.MIDI, conforme a figura 5.41.

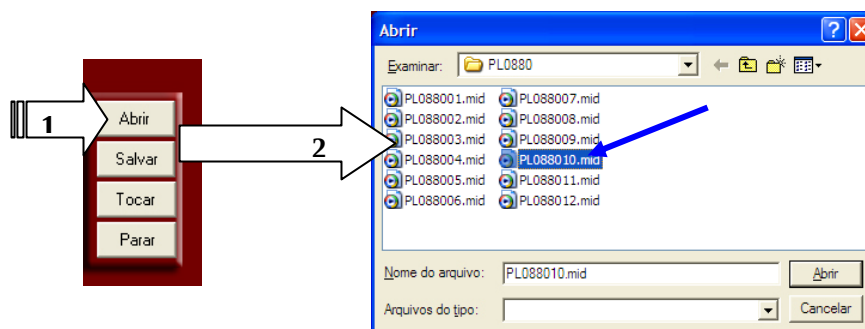


Figura 5.41 – Abertura do arquivo MIDI

4. Como o arquivo escolhido foi um arquivo MIDI correto, o sistema enviou uma mensagem de arquivo aberto com sucesso, conforme a figura 5.42. O cantor foi orientado para escolher um novo arquivo, caso a mensagem no campo de texto fosse a seguinte: “**Não é um arquivo MIDI**”.



Figura 5.42 – Mensagem de arquivo ABERTO COM SUCESSO

5. Após a mensagem de arquivo aberto com sucesso, o mesmo, foi orientado a mandar executar (tocar) o arquivo MIDI, clicando no botão **Tocar**, para que identificasse qual seria o instrumento que estaria reproduzindo a melodia que desejava cantar. O mesmo foi orientado que poderia interromper a qualquer momento a execução clicando no botão **Parar**.



Figura 5.43 – Botão Tocar

6. Enquanto escutava a música, o cantor clicou no botão **Tessitura** para identificar qual seria o canal MIDI que estaria reproduzindo o instrumento da melodia que desejava cantar. O cantor identificou o instrumento **Violão Elétrico com cordas de aço**, ou **uma Guitarra** como sendo o instrumento que estava executando a melodia. Olhando os canais MIDI impressos na janela Tessitura, o que mais se aproximou foi o **ElectricGuitar[jazz]** no canal MIDI 4, cujo range de notas estava entre as notas **si2** e **re4** (inclusive).

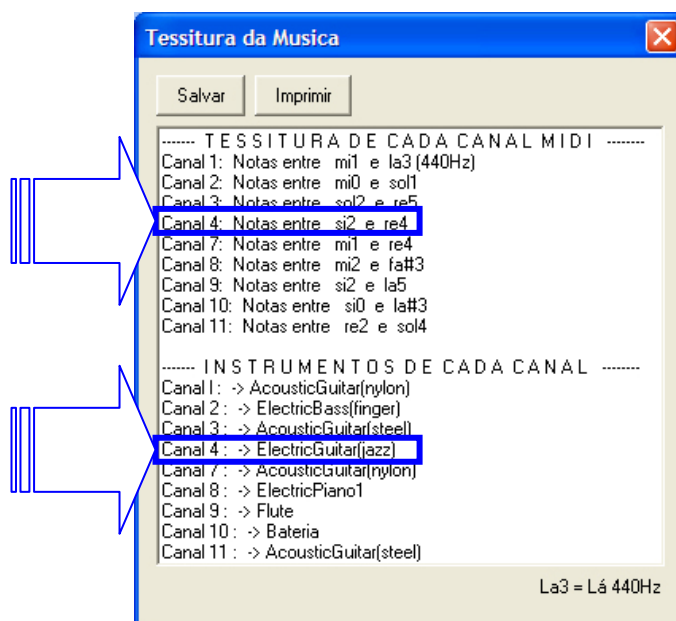


Figura 5.44 – Janela Tessitura da Musica: escolha do canal da melodia

Obs. O cantor, depois de proceder desta forma, chegou à conclusão que seria mais prático ver (visualizar na janela **Tessitura da Musica**) os instrumentos da música antes de mandar tocá-la, para facilitar identificar o instrumento desejado (instrumento que estava executando a melodia).

7. De posse do conhecimento do canal MIDI que contém a melodia (Canal 4), o cantor foi instruído a abrir a ferramenta de transposição para identificar seu

range vocal e transpor a música de forma a centralizar o range da melodia com seu range vocal. Para tanto, ele clicou no botão **Transpositor**, onde a seguinte janela foi aberta:

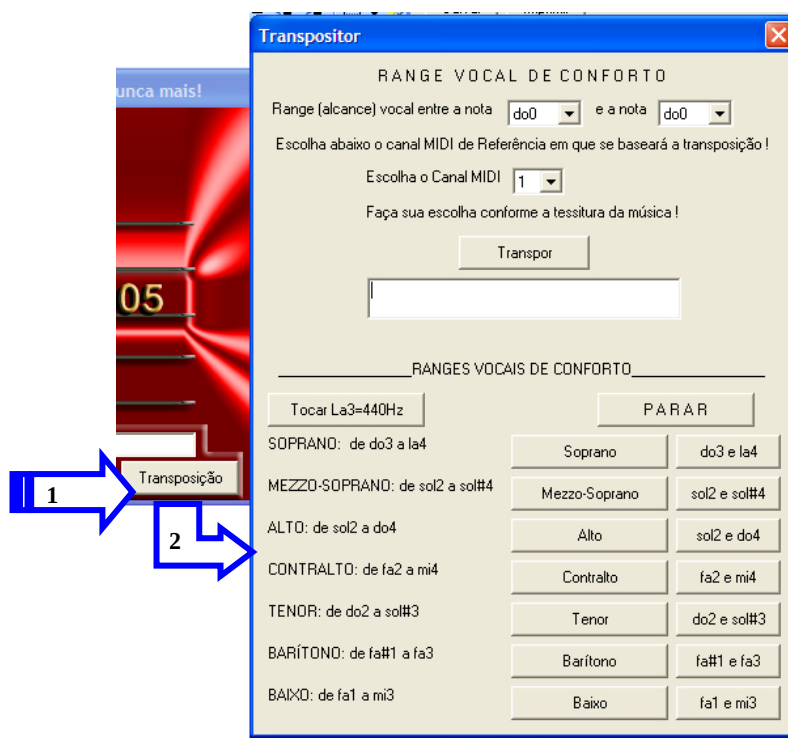


Figura 5.45 – Janela Transpositor

8. O cantor foi orientado a identificar os limites de seu range vocal, onde julgava que a voz dele estivesse agradável. Para tanto, ele poderia identificar as notas musicais limites de seu range vocal utilizando as três opções disponibilizadas pelo sistema:

- escalas com classificações vocais padronizadas

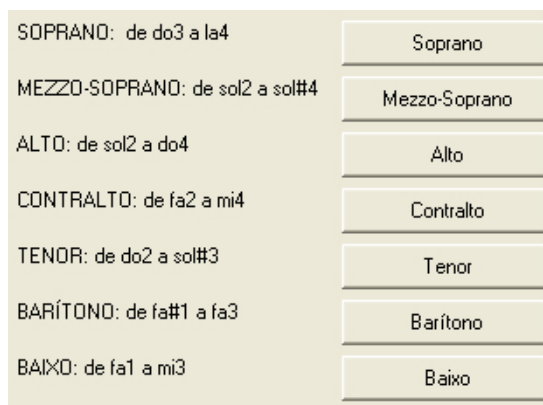


Figura 5.46 – Escalas com classificações vocais padronizadas (de Soprano a Baixo)

- notas limites destas escalas

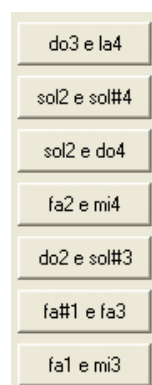


Figura 5.47 – Notas limites das escalas com classificações vocais

- um player (tocador) de sons de notas musicais, desde a nota **Dó 0** (32,7032 Hz) até a nota **Si 5** (1975,5332 Hz).

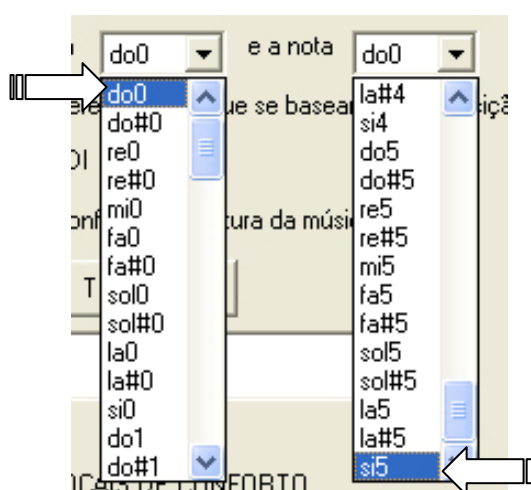


Figura 5.48 - Sons das notas musicais: de **Dó 0** a **Si 5**

- Realizadas as audições das notas, o cantor chegou à conclusão que seu range de conforto coincidia com o range de classificação de um Barítono, ou seja, de fa#1 a fa3 (inclusive). Assim, o mesmo foi orientado a entrar com as notas limites de seu range no menu pop-up do Range Vocal de Conforto, conforme mostra a figura 5.49.



Figura 5.49 - Menu pop-up do Range Vocal de Conforto

10. Ao se analisar a figura 5.44 pode-se perceber que o range da melodia, Canal MIDI 4, estava entre as notas **si2** e **re4** (inclusive), e desta forma, ele não conseguiria cantar (ou desafinaria) várias notas, o que, ao tentar, foi o que ocorreu.
11. Assim, o mesmo foi orientado a transpor a música para sua região de conforto, e, isto só ocorreria, se seu range vocal fosse superior (tivesse mais notas musicais) do que o range da melodia em questão. De si2 a re4 tem-se 16 notas musicais, e, de fa#1 a fa3 tem-se 24 notas, tornando possível a transposição. Foi explicado ao mesmo que não se preocupasse em fazer contas. Caso a transposição não fosse possível, o sistema enviaria uma mensagem, e desta forma, ele poderia tirar esta música do repertório, já que seu range era insuficiente para cantar no momento (poderia ser que em outra ocasião fosse possível).
12. Orientou-se ao cantor que escolhesse o canal MIDI desejado (o Canal 4), no menu pop-up correspondente, conforme mostra a figura 5.50.

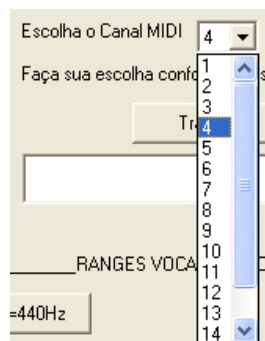


Figura 5.50 - Escolha do Canal MIDI da melodia no menu pop-up

13. Feito isto, o mesmo clicou no botão Transpor e aguardou a transposição ser realizada, com a mensagem no campo de texto indicando “**Transposição realizada**”, conforme mostra a figura 5.51.



Figura 5.51 – Transposição realizada

14. O mesmo foi orientado a clicar novamente no botão tessitura para observar o resultado da transposição, onde observou que o range do Canal 4 foi alterado, ficando os limites entre **si1** e **re3**, limites dentro de seu range vocal.

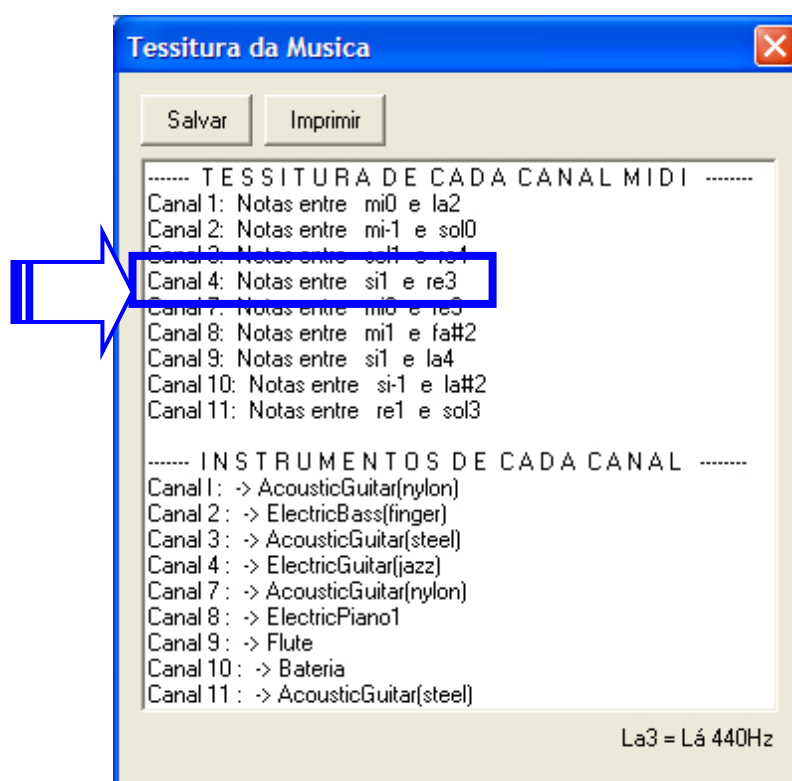


*Figura 5.52 – Resultado da transposição (notas limites entre **si1** e **re3**)*

15. O cantor desejou ouvir o resultado, mas, como o sistema não possui preview, o mesmo foi orientado a primeiro salvar o arquivo MIDI com um novo nome (para não perder o original), e, desta forma, poderia ouvir o resultado logo após o salvamento ser completado (o que levaria alguns minutos).

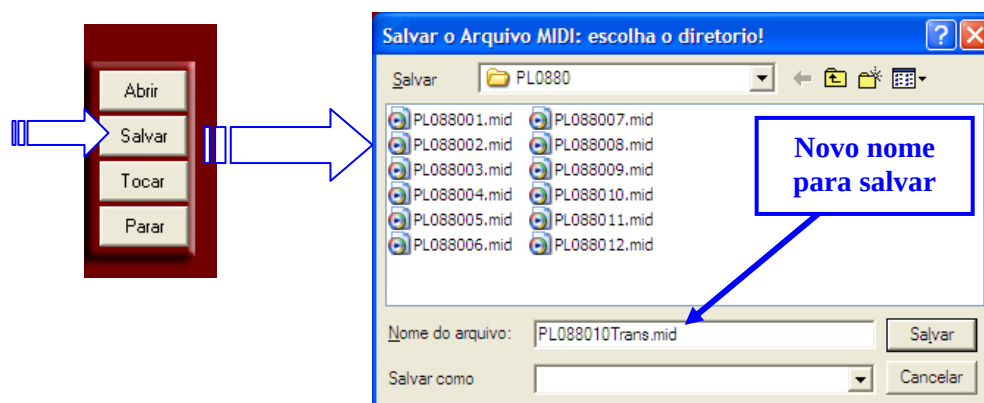


Figura 5.53 – Arquivo MIDI salvo com um novo nome

16. Para ouvir o resultado, bastava, novamente, clicar no botão **Tocar**.
17. Como o cantor ainda não havia memorizado a música, foi-lhe dito que poderia utilizar a ferramenta **letra** para extrair a mesma da música, caso o autor da seqüência tivesse registrado a letra no arquivo. Ele clicou no botão **Letra** e imprimiu a mesma para cantar na nova tonalidade transposta pelo sistema.

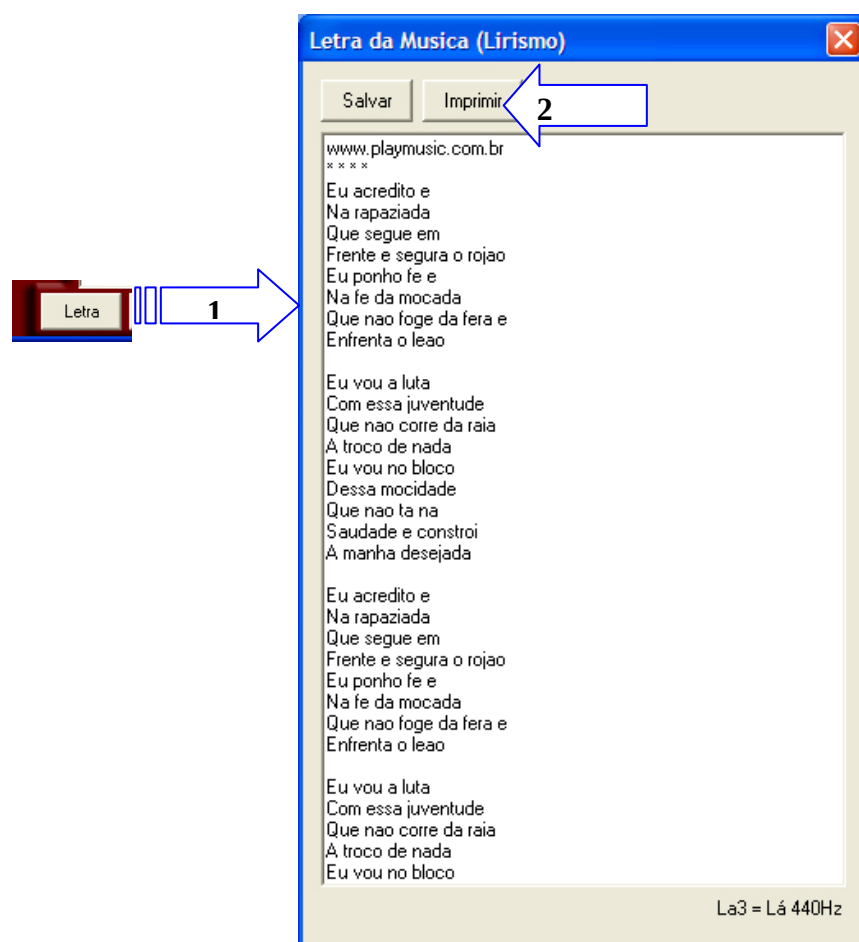


Figura 5.54 – Abertura e Impressão da letra da música

18. Foi dito ao cantor que ele poderia ainda mudar os instrumentos da música e eliminar as pausas iniciais que porventura existissem.

Conclusão do Cantor:

“O software Best Vocal 2005 realmente foi bastante útil para adequar a música à tonalidade, ao meu range vocal, evitando que, a qualquer momento, eu desafinasse, permitindo que eu conseguisse emitir todas as notas das melodias de meu repertório. Verifiquei que existiam outras possibilidades de transposição para as músicas, que não a definida pelo sistema, já que sobraram notas no meu range, tanto na região aguda quanto na grave. Desta forma, como a minha voz fica melhor quanto mais grave estiver dentro do meu range vocal, o ideal não seria centralizar um range com o outro e sim disponibilizar as possíveis opções de transposição pra que eu pudesse escolher a que melhor se adequasse ao meu timbre. A falta de um preview também foi algo incômodo, já que tive que esperar o arquivo ser salvo para depois ver como ficou. No caso de um número grande de músicas exigiria um tempo grande ocioso do músico. A criação de um batch, um sistema pra aplicar a transposição a um lote de música MIDI também minimizaria este problema.”

Capítulo 6

Conclusões e trabalhos futuros

Esta dissertação teve como foco a implementação de soluções aplicadas ao domínio musical, em especial em computação sônica, bem como na contribuição profilática relativa à saúde e bom funcionamento do aparelho fonador humano em suas atividades de canto.

Os objetivos e metas firmados no Capítulo 1 foram cumpridos em sua plenitude, a saber:

1-Estudo da teoria e conceitos sobre sinais, ruídos e do processo de digitalização de sinais sonoros

Conforme pôde ser avaliado no capítulo 2, bem como nos demais capítulos, um longo estudo foi feito em torno deste tema e conceitos, os quais possibilitaram que se pudesse implementar soluções aderentes ao domínio musical e aos seus usuários.

2-Estudo dos formatos e protocolos de registro dos sinais sonoros

O estudo geral do processo de digitalização dos sinais analógicos, conceitos e parâmetros foram vistos no capítulo 2, apresentando como os sinais são armazenados em arquivos formato Wave (.wav).

3-Estudo do protocolo MIDI, hardware e software, bem como dos formatos de arquivos para registro de músicas seqüenciadas

Abordou-se, no capítulo 2, o Protocolo de comunicação MIDI e seus arquivos SMF formato 0 e formato 1, apresentando com detalhes os pontos mais relevantes e necessários para a implementação das ferramentas de leitura, análise e transformação dos arquivos MIDI em linguagem funcional CLEAN.

4-Projeto e implementação de um sistema de transposição automática de seqüências musicais MIDI de acordo com a tonalidade de conforto de um determinado cantor.

Além de se projetar e implementar uma solução computacional em paradigma funcional (linguagem de programação CLEAN), para transposição automática de seqüências musicais MIDI, foram projetadas outras ferramentas de interesse dos usuários alvo deste sistema para tornar o produto mais atrativo e relevante tanto comercialmente quanto em potencialidades e ineditismos em potencial. Pode-se citar, entre estas ferramentas, a de eliminar pausas de arquivos tanto em formato 0 quanto em formato 1, ferramenta esta inexistente comercialmente no mercado atual de softwares para computer music. Foi também implementada uma ferramenta para extração do lirismo de um arquivo MIDI, permitindo ao usuários, salvar, editar e imprimir as letras das músicas já pré-formatadas pelo sistema.

5-Estudo de casos

No capítulo 5 foi apresentado um amplo estudo de caso (simulado) aplicando as potencialidades do sistema gerado (Best Vocal 2005), na adequação da tonalidade de uma música para os ranges de um quarteto vocal. Com tal experimento concluiu-se que o sistema atendeu os requisitos e objetivos esperados. Finalizada a simulação, foi também realizado um estudo de caso real com um cantor popular masculino, usuário profissional da música seqüenciada, onde o mesmo concluiu:

“O software Best Vocal 2005 realmente foi bastante útil para adequar a música à tonalidade, ao meu range vocal, evitando que, a qualquer momento, eu desafinasse, permitindo que eu conseguisse emitir todas as notas das melodias de meu repertório.”

Além disto, o programa foi colocado à venda em um site virtual no endereço <http://paginas.terra.com.br/educacao/bestdream/>, onde o mesmo teve uma boa aceitação, e, mesmo sem divulgação, vendeu-se aproximadamente 50 unidades para músicos de todo o país, os quais deram retorno em problemas encontrados na utilização e funcionabilidade do programa, permitindo que os erros encontrados fossem todos corrigidos, alcançando o software inicial sua oitava atualização com os corretores dos “bugs”. Feitas as últimas correções, desde outubro de 2005 nenhum usuário relatou mais algum problema que carecesse de soluções.

6-Conclusão pela confrontação dos resultados e estudo de casos obtidos, com os objetivos propostos inicialmente

Os resultados obtidos através de estudo de casos, bem como de retorno de clientes que utilizam profissionalmente o sistema há mais de um ano, concluem por se ter alcançado com sucesso os objetivos e metas propostas inicialmente, podendo-se afirmar que as mesmas foram ultrapassadas, como é o caso do sistema permitir que qualquer tipo de arquivo MIDI possa ser aberto e manipulado pelo mesmo, sendo isto realizado de forma totalmente automática e transparente ao usuário. Apesar dos retrabalhos originados

devido a particularidades de equipamentos MIDI proprietários comercializados em todo o mundo, tais problemas fizeram com que a equipe de computer music da FEELT, da qual a presente mestranda faz parte, crescesse bastante em conhecimento e potencialidades na manipulação de arquivos MIDI, podendo afirmar que não existe praticamente mais nenhum desafio em se implementar sistemas de análise utilizando tal protocolo e seus formatos.

7-Levantamento e identificação de propostas para trabalhos futuros

Quanto à identificação de metas para trabalhos futuros, pode-se citar:

- 1- O programa atual não possui um preview que permita ao usuário testar as modificações feitas na música pelo Best Vocal, tais como: mudança de instrumento, eliminação de pausas e transposição, antes de salvar. Na versão atual, o mesmo só terá noção real dos resultados após o salvamento.
- 2- Seria interessante se implementar uma ferramenta que permitisse ao usuário cantar em um microfone e o sistema fizesse sua classificação vocal automaticamente. Para tanto dever-se-á implementar fonetogramas que traduzam a realidade da qualidade sonora do som produzido pelo cantor, e não apenas quantifique os limites das frequências sonoras que o mesmo emitir. Além destes fonetogramas, dever-se-á implementar um sistema especialista, inteligente ou não, que modele o *feeling* de um profissional reconhecido no mercado que realize reconhecidamente bem a arte da classificação vocal.
- 3- O sistema gasta um tempo relativamente longo para remontar e salvar o arquivo MIDI mantendo as características iniciais da música original (é o único sistema que faz isto). Para torná-lo mais atrativo comercialmente, deve-se reimplementar o sistema de forma a trabalhar diretamente no arquivo, e não em uma imagem armazenada em uma lista de inteiros. Desta forma o sistema ficará sensivelmente mais rápido.

- 4- Implementar um arquivo de batch para aplicar a ferramenta de transposição a um lote de arquivos MIDI, dado o range do cantor, evitando que o mesmo tenha que ficar horas esperando o computador concluir cada transposição.
- 5- Implementar a opção do sistema mostrar todas as possíveis transposições que a música possa ter, sem que, com isto, a melodia da mesma saia do range do cantor. Isto permitirá que o cantor escolha a tonalidade que melhor se enquadre em seu timbre vocal (onde a melodia fica mais bonita para sua voz).
- 6- Implementar a opção para transpor, não só melodias para cantores, mas para adaptar um tipo de instrumento a uma determinada melodia, conhecida a tessitura do mesmo. Para tanto, deve-se construir um banco com os ranges de cada instrumento, de tal forma que o sistema possa automaticamente proceder a tal transposição, sem que o usuário tenha que conhecer os ranges de cada instrumento existente. Ferramenta bastante útil para quando se deseja um arranjo para um instrumento específico e não se encontra no mercado.
- 7- Dotar o sistema da potencialidade de avisar o músico quando um instrumento de um determinado canal ultrapassar a tessitura prevista para o mesmo, após realizada a transposição, já que, então, o som do mesmo soará estranho. De posse deste conhecimento, o músico poderá ter a opção de eliminar um instrumento da sequência MIDI.
- 8- Implementar um sistema que permita a um arranjador entrar com o range de vários cantores, de tal modo que o sistema automaticamente escolha a melhor transposição da música para que todos os cantores consigam cantar pelo menos uma melodia da mesma.

Como o foco do trabalho é bastante centrado em uma aplicação, um problema específico, limitam-se as perspectivas de trabalhos futuros nestas três linhas, sendo uma delas, a classificação automática de tessitura vocal. Esta classificação possui um grau relativamente grande de dificuldade intrínseca, o qual geraria um interessante trabalho de doutorado, já que inexistem soluções automáticas e inteligentes para realizar tal tarefa, a qual possui um forte componente de intuição na classificação, além de fatores técnicos conhecidos e ferramentas matemáticas convencionais para análise de sinais pouco efetivas para uma solução apenas funcional do problema.

Referências

Capítulo 1

- [1] LIMA, L.; C.A.L., et al. **Automatic Learning Composition Base don Polyphonic Wave Signals and Musical Histograms**. Tatra Mt Match. Publ. 23, 2001.
- [2] LIMA, L. V.; DOVICCHI, J. C.; et al. **Music Based Coefficients for Wavelets Transform: A Contribution to Musical Signal Análisis**. 108th AES Convention, Paris, 2000.
- [3] HEIDEMAN, M. T.; JOHNSON, D. H.; BURRUS, C. S. **Gauss and the history of the fast Fourier transform**. IEEE Acoustics, Speech, and Signal Processing.
- [4] BRIGHAM, E.O., **The Fast Fourier Transform**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1975.
- [5] COPE, D. **Experiments Musical in Intelligence (EMI): Non-linear Linguistic-Based Composition Interface**, vol., 18, pp. 117-139, 1989.
- [6] COPE, D. **Computer Modelling of Musical Intelligence in EMI**. Computer Music Journal, vol. 16, no. 2, Summer, pp. 69-83, 1992.
- [7] COPE, D. **Music & Lisp**. OH Expert, March, pp.26-33, 1988.
- [8] LIMA, L. V. **Um Sistema de Composição Musical Dirigido por Estilo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo - Brasil, 1998.
- [9] GARDNER, H., **Multiple Intelligences: The theory em Practice**, basic books inc., Traduzido por Maria Adriana Veríssimo Veronese, Artmed, Porto Alegre, 1993. 2000.257p.

- [10] LIMA, Luciano Vieira. Real time high performance platform for e-learning with high resolutions áudio, frames and vídeo file. In: **3ª. Conferência do PGL: Partnership in Global Learning “Consolidando Experiências em e-Learning”**, FGV, São Paulo – Brasil, 2005.
- [11] LIMA, Luciano Vieira; MACHADO, André Campos; PINTO, Marília Mazzaro. **Cakewalk sonar 2.0 : Seqüenciamento e Técnicas de Estúdio Audiodigital**. 2ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2003.
- [12] LIMA, Luciano Vieira; LIMA; Sandra Fernandes de Oliveira; MACHADO, André Campos; PINTO, Marília Mazzaro. **Computação Musical : Arranjo Automático, Conversão de CD em MIDI e MIDI em Áudio utilizando o Band-in-a-Box, Virtual Sound Canvas 3.23 e Akoff Music Composer 2.0**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2004.
- [13] LIMA, Luciano Vieira; LIMA; MACHADO, André Campos; PINTO, Marília Mazzaro. **Finale 2004: Editoração de Partituras, Composição e Arranjo**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2004.
- [14] PASCHOAL, Fausto de. **Música no Computador com Sibelius 3 para Windows**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2004.
- [15] LIMA, Luciano Vieira; MACHADO, André Campos; PINTO, Marília Mazzaro. **Encore 4.5.4 : Editoração de Partituras**. 1a. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2003.
- [16] BEHLAU, Mara; Torres Maria Lúcia Graziano Magalhães. Medidas do Perfil de Extensão Vocal, Tempo Máximo de Fonação e Relação s/z em Cantores de um Coral Amador, Pré e Pós-Ensaio. In: **A Voz do Especialista**. Vol 1, p 109 – 131. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Revinter Ltda, 2001
- [17] MILLER, Donald G.; SCHUTTE, Harm K.; SULTER, Arend M.; WIT, Hero P. **A structured approach to voice range profile (phonetogram) analysis**. Disponível em: <http://www.ub.rug.nl/eldoc/dis/medicine/a.m.sulter/c7.pdf>.

Capítulo 2

- [18] LIMA, Luciano Vieira; LIMA; Sandra Fernandes de Oliveira; MACHADO, André Campos; PINTO, Marília Mazzaro. **Sound Forge 8.0: Gravação ao Vivo, Restauração de Sons de LPs e Masterização áudio Digital**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2005.
- [19] MACHADO, André Campos. Tradutor de Arquivos MIDI para Texto Utilizando Linguagem Funcional CLEAN. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Uberlândia: UFU, 2001.

- [20] ROLAND-MIESZKOWSKI, Marek. **Consequences of Nyquist Theorem for Acoustic signals Stored in Digital Format**. Disponível em: <http://www.digital-recordings.com/pubneq.html>.
- [21] **MIDI Detailed Specification 1.0**. International MIDI Association, 1983, 1991, 1994.
- [22] LOPES, Guilherme Francisco Lopes. **Desenvolvimento de uma biblioteca e uma calculadora Midi, em linguagem funcional, para análise e manipulação de Arquivos padrão Midi (SMF) formato 0 e 1**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Uberlândia: UFU, 2004.
- [23] RATTON, Miguel. **Criação de Música e Sons no Computador**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995.

Capítulo 3

- [24] GROUT, D.; PALISCA, C. **História da Música Ocidental**. Lisboa: Gradiva, 1994.
- [25] LIMA, Florêncio de Almeida Lima. **Elementos Fundamentais da Música**. 4ª.ed. Rio de Janeiro, 1958.
- [26] CIFRAS, MV Portal de. **Mini-Curso Básico de Técnica Vocal: Classificação Vocal .Cap. 4**. Disponível em: <http://www.mvhp.com.br>.
- [27] BAS, **Trattato di Forma Musicale**. Milão: Ricordi, 1964.
- [28] ZAMACOIS, Joaquín. **Curso de Formas Musicales**. Cuarta edición. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1960.

Capítulo 4

- [29] LIMA, Luciano Vieira; RUFINO, Hugo Leonardo Pereira; GOULART, Reane Franco; CURY FILHO, Reny. **Linguagem Funcional CLEAN: uma solução moderna, eficiente e aderente à modelagem de funções e ao ensino da Matemática**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, São José do Rio preto, 2003, v.1, p.1-7.
- [30] WINSTON & HORN. **LISP**. 3rd Edition. Addison-Wesley Publishing Company, 1980.

-
- [31] LIMA, L. V. et al. **Editing Standard MIDI File in Functional Language CLEAN**. Diderot 99, Vienna, 1999.
- [32] WELLESLEY, Alessandro Barros. **Programação Funcional com Clean 2.1 para Windows**. Uberlândia: Editora Pietro Ltda, 2004.
- [33] BIRD, Richard. **Introduction to Functional Programming using Haskell, 2nd edition**, Prentice Hall press, 1998.
- [34] THOMPSON, Simon. **Haskell: The Craft of Functional Programming**, Second Edition, Addison-Wesley, 507 pages, paperback, 1999.

Capítulo 5

- [35] LIMA, Sandra Fernandes de Oliveira; RUFINO, Hugo Leonardo Pereira; LOPES, Guilherme Francisco; GOULART, Reane Franco; LIMA, Luciano Vieira. **Matemática aplicada à detecção de tessitura vocal e à transposição automática de músicas em arquivos MIDI padrão**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, São José do Rio preto, 2003, v.1, p.1-7.
- [36] MARTINS, Gláucia Macedo Mendes. **Projeto e Implementação de uma Interface Visual Interativa para Montagens de Conteúdo de Autoria Multimídia**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Uberlândia: UFU, 2005.