

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL
E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

Saulo Queiroz Nascimento

UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE DADOS NA ANÁLISE DA
TONALIDADE MUSICAL PARA INTÉRPRETES EM DIVERSOS
ESTILOS MUSICAIS

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Março de 2013

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL
E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

Saulo Queiroz Nascimento

UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE DADOS NA ANÁLISE DA
TONALIDADE MUSICAL PARA INTÉRPRETES EM DIVERSOS
ESTILOS MUSICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a obtenção do Grau de MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientadora: Prof.^a Geórgia Regina Rodrigues Gomes, D. Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Março de 2013

SAULO QUEIROZ NASCIMENTO

UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE DADOS NA ANÁLISE DA
TONALIDADE MUSICAL PARA INTÉRPRETES EM DIVERSOS
ESTILOS MUSICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Pesquisa Operacional
e Inteligência Computacional, da
Universidade Candido Mendes – Campos
/ RJ, para a obtenção do Grau de
MESTRE EM PESQUISA OPERACIONAL
E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovada em 15 de Março de 2013.

Prof.^a Geórgia Regina Rodrigues, D.Sc. - orientadora
Universidade Candido Mendes

Professor Dalessandro Soares Vianna, D. Sc
Universidade Candido Mendes

Professor Helder Gomes Costa, D. Sc
Universidade Federal Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
2013

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, fonte de todo entendimento e sabedoria, e à minha família, fonte da minha alegria e alvo do meu esforço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, bom e fiel, por me sustentar e me dar forças a cada dia.

À minha orientadora, professora Geórgia Regina Rodrigues Gomes, que não se apresentou apenas como orientadora, mas como uma amiga em cada dificuldade.

A todos os professores do Mestrado, pela atenção, ajuda e incentivo ao conhecimento.

Ao Instituto Federal Fluminense, pela oportunidade de desenvolver meus estudos e de aplicá-los no ambiente educacional.

À minha esposa Carine e aos meus filhos Pedro e Rebeca, pelo apoio, motivação e compreensão.

À minha mãe, por toda ajuda, ao meu pai, *in memoriam*, toda minha gratidão.

"Posso todas as coisas em Cristo, que me fortalece."

Filipenses 4,13

RESUMO

UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DA TONALIDADE MUSICAL PARA INTÉRPRETES EM DIVERSOS ESTILOS MÚSICAIS

A classificação vocal é o objetivo da análise da voz do cantor. É importante que esta classificação seja correta, para que o potencial de voz possa ser explorado e bem desenvolvido e a saúde vocal seja resguardada. Um exame de tessitura, notas de passagem e registro é necessário para classificar uma voz masculina como baixo e tenor e uma voz feminina como soprano e contralto. Assim, este trabalho tem como objetivo aplicar métodos de mineração de dados, para identificar o perfil adequado e correto dos cantores e o reconhecimento das suas características vocais, desta forma será emitido um som mais agradável e, conseqüentemente, uma boa saúde vocal. Este trabalho apresenta a análise de dados extraídos de pesquisas de cantores e cantoras nacionais e internacionais, em seus diversos estilos e músicas, cujas informações são perfeitamente aplicáveis em situações similares, onde a música é praticada e executada. Na realização desta análise utilizou-se a tarefa de regras de associação no que se refere ao processo de mineração de dados, onde se obteve algumas regras, tais como, se o estilo for feminino internacional e o tom for Re maior, então a nota mais brilhante verificada foi Re4; se o estilo for MPB masculino e o tom for Sol maior, a nota mais brilhante verificada foi Re3. Assim, pode-se ter a sugestão da região de notas brilhantes, como também do melhor tom para se trabalhar musicalmente em diversas circunstâncias e ambientes onde a experiência individual e coletiva acontece de maneira sistematizada, avaliando-se cada avanço e ampliando os limites.

PALAVRAS CHAVES: Mineração de Dados, *Waikato Environment for knowledge analysis*, Tonalidade Musical, Voz, Estilos Musicais.

ABSTRACT

USING DATA MINING TO ANALYZE THE MUSICAL TONE FOR INTERPRETING IN VARIOUS MUSICAL STYLES.

The vocal classification is the goal of the analysis of the voice of the singer. It is important that this classification is correct, so that the potential of voice can be explored and developed well and vocal health is protected. An examination of weaving, passing notes and registration is required to classify a male voice as low and tenor and a female voice as soprano and contralto. This study aims to apply Data mining methods to identify the appropriate profile and correct recognition of the singers and their vocal characteristics, so a tone sounds more pleasant and therefore a good vocal health. This paper presents the analysis of data extracted from surveys singers national and international, in their different styles and songs, whose information is perfectly applicable in similar situations, where music is practiced and performed. In this analysis we used the task of association rules with regard to the process of data mining, where we got some rules, such as if the style is feminine and international tone for Re higher then brighter note RE4 was verified if the style is masculine and MPB tone is G major, the brighter note RE3 was verified. So you can have a hint of bright notes region, but also the best tone to work musically in different circumstances and environments where individual and collective experience happens in a systematic manner, evaluating each development and expanding the limits.

KEYWORDS: Data Mining, *Waikato Environment for knowledge analysis*, Tone Music, Voice, Musical Styles

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Graus de uma Escala diatônica em modo maior.....	15
Figura 2 - Etapas do processo de KDD (adaptado de [FAYYAD et al., 1996]).....	26
Figura 3 - Registros agrupados em três clusters.....	28
Figura 4 – Método utilizado para verificação da nota brilhante em aplicativos livres de Celulares.....	31
Figura 5 - Leitura das notas mais brilhantes nos trechos em destaque das músicas.	32
Figura 6 - Estatísticas no <i>WEKA</i> das notas mais brilhantes (tag), nos diferentes estilos musicais.	38
Figura 7 – Tela do <i>WEKA</i> com as regras geradas pelo algoritmo <i>Apriori</i>	40
Figura 8 – Estatística do <i>WEKA</i> das notas mais brilhantes em 1000 músicas com diversos cantores.	41
Figura 9 - Regras das notas mais brilhantes extraídas pelo Algoritmo <i>Apriori</i>	42
Figura 10 - Estatística da Região brilhante dos cantores apresentado pelo <i>WEKA</i>	43
Figura 11 - Região brilhante (REG) destacadas pelas regras do Algoritmo <i>Apriori</i>	44
Figura 12 - Exercício de vocalize para aquecimento vocal.	47
Figura 13 - Exercício de vocalize para aquecimento e progressão vocal.....	48
Figura 14 – Exercício de vocalize para ressonância e avaliação da extensão vocal.....	48
Figura 15 – Exercício para avaliação da extensão vocal trabalhando os limites agudos.	49
Figura 16 – Exercício para afinação, agilidade e limites agudos.....	49
Figura 17 – Gráfico demonstrativo do desempenho das notas brilhantes executadas pelo coro misto, com 26 componentes apresentando a nota Re3 e Re4.	51
Figura 18 - Aplicação para Leigos para determinação do Tom Ideal.	53
Figura 19 - Protótipo em Excel do software do método da tonalidade.	54
Figura 20 – Gráfico demonstrativo da boa avaliação do método apresentado nesse trabalho.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Órgãos do aparelho digestivo e suas funções.....	16
Quadro 2 – Órgãos do aparelho respiratório e suas funções.....	17
Quadro 3 – Órgãos e funções do aparelho fonador.	17
Quadro 4 - Análise das notas mais brilhantes em interpretações de voz masculina da MPB.	33
Quadro 5 - Análise das notas mais brilhantes e incidentes no estilo Sertanejo Universitário da MPB.	34
Quadro 6 - Análise das notas mais brilhantes e incidentes em interpretações femininas da MPB.	35
Quadro 7 – Mostra das notas mais brilhantes e incidentes de algumas cantoras americanas.....	35
Quadro 8 - Indicação da tonalidade adequada para o grupo da terceira idade.....	53
Quadro 9 – Avaliação realizada com 10 cantores com perfis diferentes de nota brilhante (NB).	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1.1 PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVO	11
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
FUNDAMENTAÇÃO	14
2.1 TERMOS TÉCNICOS MUSICAIS	14
2.2 A FISILOGIA DA VOZ – O APARELHO FONADOR	16
2.3 ASPECTOS DO USO DA VOZ	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO DA VOZ	21
2.5 MINERAÇÃO DE DADOS	24
2.5.1 Classificação	27
2.5.2 Clusterização	27
2.5.3 Regras de associação	29
2.5.4 Algoritmo Apriori	30
METODOLOGIA	31
3 RESULTADOS OBTIDOS	37
APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS OBTIDOS	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

Em ambientes de ensino ou prática musical, quando se pretende executar músicas de cantores de diferentes estilos com indivíduos de perfis distintos ou grupos vocais com necessidades e características variadas, nota-se a dificuldade de encontrar o melhor tom para a interpretação de uma música. É importante compreender que o melhor tom é aquele que melhor se adapta às características da voz do cantor, já que o som emitido precisa ser agradável para quem ouve (BEHLAU *et al.* 2001).

A fim de se obter essa sonoridade é necessário um reconhecimento das características vocais do cantor, seu perfil e estilo, uma avaliação da voz quanto ao timbre, tessitura, extensão vocal, nota mais brilhante alcançada, entre outras competências e habilidades vocais determinadas por aspectos biológicos, psicológicos e sociais. Segundo Oliveira (2001), é importante conhecer o processo de produção e propagação da voz no corpo humano, compreendendo-o como uma máquina que precisa estar ajustada e equilibrada a fim de cumprir bem as suas funções.

A ausência desse conhecimento ou a má informação a respeito, pode comprometer sensivelmente a voz e a evolução de um bom trabalho musical.

O problema a ser explorado neste trabalho refere-se à utilização de tarefas de mineração de dados com o objetivo de gerar conhecimento a partir do estabelecimento de relações entre os dados gerados na pesquisa realizada com os intérpretes em seus diferentes estilos musicais.

1.2 OBJETIVO

Tonalidade é uma questão essencial à música e em alguns casos pode tratar-se de uma dificuldade e acarretar outros problemas, caso não seja adequada à voz de quem canta. A identificação dessa tonalidade é o objetivo final deste trabalho. Sendo esta uma dificuldade encontrada no meio musical, este trabalho sugere um método prático de ajuste de tonalidade que foi concebido a partir da utilização da mineração de dados na extração de conhecimentos de pesquisas realizadas com diversos cantores em quatro estilos musicais. Os conhecimentos extraídos (características vocais, região de notas brilhantes, notas mais brilhantes alcançadas) geraram regras para o desenvolvimento de um método que correlaciona os graus da tonalidade musical e aponta o tom mais adequado ao perfil do usuário do método.

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em:

- Avaliar a tonalidade musical dos intérpretes em relação aos estilos musicais;
- Aplicar tarefas e estudos de mineração de dados como forma de identificar a tonalidade musical mais recorrente nos estilos musicais sugeridos;
- Aplicar um método de ajuste de tonalidade de correlação dos graus que sugere aos intérpretes um tom adequado para as suas performances.
- Analisar os resultados obtidos com a aplicação dessas tarefas.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Ribeiro et al. (2012), a voz cantada requer grande movimentação respiratória, possui ressonância, seu ritmo deve ser controlado e ensaiado, sua qualidade depende de treino, suas características se definem por idade, sexo e saúde. Dessa forma, não se pode ignorar o fato de que diversas situações e circunstâncias de ordem física ou emocional contribuem significativamente para qualificar perfis de voz que diferem uns dos outros; daí ser de fundamental importância compreender que a voz, no canto, deve ser trabalhada e valorizada nos aspectos que revelam a individualidade.

A orientação e a técnica vocal aplicada, bem como o ajuste de um tom adequado, possibilitam que a prática do canto seja agradável e correta. Todavia a falta desses, segundo Smith et. al. (1998) elementos acarreta com o passar do tempo, grande prejuízo à voz, chegando a impossibilitar até mesmo a prática da atividade de canto ou oratória.

O presente trabalho contribuirá para que profissionais e intérpretes da música encontrem menos dificuldade na execução de qualquer música, ao ser necessário adaptar a tonalidade ao perfil do intérprete, respeitando suas características vocais.

Para chegar a esse resultado, é apresentado um estudo de músicas nacionais e internacionais, bem como uma observação cuidadosa do desempenho de cantores e cantoras de diferentes estilos musicais, a fim de apontar características comuns encontradas na voz de homens e mulheres analisados de acordo com a idade e o estilo musical. Na base de dados deste estudo é realizada a mineração de dados para se extrair o conhecimento da mesma.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 7 capítulos, como segue. O Capítulo 1 apresenta o problema a ser abordado durante este trabalho, objetivo, justificativa e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma fundamentação abordando os conceitos musicais presentes neste trabalho, apresentando também os conceitos de Mineração de dados e o algoritmo *Apriori*.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia do trabalho, descrevendo todos os passos realizados neste trabalho.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos em dois testes: um com 400 músicas para avaliação dos vários perfis de notas brilhantes em diversos estilos musicais e o outro com 1000 músicas para identificação das notas e regiões brilhantes de diversos cantores.

As aplicações dos resultados obtidos são expressas no Capítulo 5, que apresenta um software e o método desenvolvido com um determinado grupo musical.

O Capítulo 6 expõe as considerações finais e a conclusão do trabalho, além de apresentar uma avaliação da viabilidade do método, com 3 cantores distintos, cujas notas brilhantes são também distintas entre si.

FUNDAMENTAÇÃO

A fundamentação tem como objetivo ajudar na compreensão da proposta desse estudo, prestando esclarecimento e enriquecendo o conhecimento acerca dos termos técnicos na música, do uso da voz e sua fisiologia, da mineração de dados e seus principais conceitos. São estes os fundamentos abordados neste capítulo.

2.1 TERMOS TÉCNICOS MUSICAIS

- **Graus da Escala diatônica**

Cada nota tem uma função dentro da escala em relação à tônica, que é o grau I, que representa a tonalidade da música. Conforme Priolli (1989), todas as escalas musicais tomam o nome da sua tônica, embora possam começar por qualquer nota. Quando se fala em Escala Maior, entende-se Escala Diatônica do Modo Maior com a seguinte sequência de intervalo entre as notas: Tom, Tom, Semitom, Tom, Tom e Tom, conforme a Figura 1.

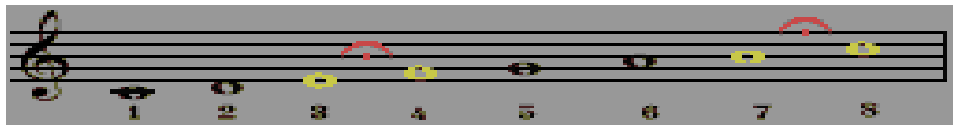


Figura 1 – Graus de uma Escala diatônica em modo maior.

Se a tônica for, por exemplo, Dó, então a escala é de Dó maior e a tonalidade será Dó maior. Caso a escala comece por outra nota diferente de Dó, deve-se sempre manter os intervalos entre as respectivas notas que constituem esta escala. Assim, uma mesma nota exerce função diferente em cada escala diatônica. Embora exercendo funções diferentes dentro da escala, as notas mais brilhantes determinam os tons.

- Tessitura vocal - O termo tessitura vocal corresponde ao número de notas da mais grave até a mais aguda que o indivíduo consegue produzir com qualidade vocal, onde se encontra a melhor sonoridade, a emissão mais natural e, conseqüentemente, a maior expressividade. Costa *et. al.* (2006).
- Escala Musical - Consiste em um procedimento de análise vocal definida por uma série de notas sucessivas, separadas por tons e semitons, podendo ser cromática e diatônica. É cromática quando as notas se sucedem por semitons, sendo obtida no piano tocando sucessivamente as teclas brancas e pretas. Já a escala diatônica consiste na sucessão de notas por tons e semitons. Vargas *et. al.* (2005).
- Registro de voz - É o nome dado a cada uma das regiões de determinado instrumento. No caso da voz humana é o nome dado a cada uma das regiões de uma extensão vocal. Vargas *et. al.* (2005).
- Extensão Vocal - Consiste na extensão de frequências, desde a mais baixa até a mais elevada que um indivíduo é capaz de produzir, não importando a qualidade. A faixa de extensão vocal varia de uma oitava a aproximadamente 4 oitavas. Cruz *et al.* (2004).

2.2 A FISILOGIA DA VOZ – O APARELHO FONADOR

Como foi abordado no primeiro capítulo deste trabalho, o corpo humano não possui um órgão responsável pela reprodução da voz. Vários órgãos são emprestados de outros aparelhos e sistemas do corpo humano e, associados, produzem e propagam o som que é chamado de voz humana. Cabe então dizer que o aparelho fonador é formado por dois sistemas e tem a função de produzir sons - voz cantada e voz falada. Oliveira (2001)

O site Música Sacra e Adoração traz artigos interessantes sobre técnica vocal e fisiologia da voz. Entre eles, um estudo feito pela professora de canto e fonoaudióloga Viana (2012) apresenta o aparelho fonador, a partir dos órgãos dos sistemas digestivo e respiratório com suas respectivas funções, em um esquema bastante resumido e esclarecedor, como segue nos Quadros 1,2 e 3.

Quadro 1 – Órgãos do aparelho digestivo e suas funções.

Órgão	Função Biológica	Função Fonatória
Lábios	Contém os alimentos na boca	Articulação de sons bilabiais (B, P, M) e labiodentais (F, V).
Dentes	Tritura os alimentos	Escoamento do som
Língua	Joga o alimento para o esôfago	Participa de todos os sons produzidos
Palato duro (céu da boca)	Suporte da língua	Projeção da voz
Faringe	Direciona o ar para os pulmões, e os alimentos para o esôfago.	Caixa de ressonância

LISLEY VIANA, **Curso de Fonoaudiologia da Voz – Parte 01**, DISPONÍVEL EM <Fonte: <http://musicaeadoracao.com.br/25716/curso-de-fisiologia-da-voz-parte-01>> E a data de acesso: fevereiro de 2013

Quadro 2 – Órgãos do aparelho respiratório e suas funções.

LISLEY VIANA, **Curso de Fonoaudiologia da Voz – Parte 01**, DISPONÍVEL EM <Fonte: <http://musicaeadoracao.com.br/25716/curso-de-fisiologia-da-voz-parte-01>> E a data de acesso: fevereiro de 2013

Órgão	Função Biológica	Função Fonatória
Cavidades Nasais	Filtrar, aquecer e umidificar o ar.	Vibração e amortização do som - ressonância nasal
Faringe	Via de passagem do ar	Amplia os sons - caixa de ressonância
Laringe	Via de passagem do ar	Vibrador - contém as cordas vocais
Traqueia	Via de passagem do ar - defesa a via aérea	Suporte para vibração das cordas vocais
Pulmões	Trocas gasosas e respiração vital	Fole e reservatório de ar para vibrar as cordas vocais
Musculatura respiratória	Desencadeia o processo respiratório	Produção de pressão no ar que sai

Quadro 3 – Órgãos e funções do aparelho fonador.

LISLEY VIANA, **Curso de Fonoaudiologia da Voz – Parte 01**, DISPONÍVEL EM <Fonte: <http://musicaeadoracao.com.br/25716/curso-de-fisiologia-da-voz-parte-01>> E a data de acesso: fevereiro de 2013

Parte	Componentes	Função
Produtores	Pulmões, músculos abdominais, diafragma, músculos intercostais, músculos extensores da coluna.	Produzem a coluna de ar que pressiona a laringe, produzindo som nas cordas vocais.
Vibrador	Laringe	Produz som fundamental
Ressonadores	Cavidade nasal, faringe, boca.	Ampliam o som
Articulador	Lábios, língua, palato mole, palato duro, mandíbula.	Articulam e dão sentido ao som, transformando sons em

		orais e nasais.
Sensor / Coordenador	Ouvido - capta, localiza e conduz o som; cérebro - analisa, registra e arquiva o som.	Captam, selecionam e interpretam o som.

Segundo Viana (2012), a produção do som depende basicamente do ar e da laringe, onde estão as pregas vocais. A laringe é composta por três anéis de cartilagem. Dentro destes anéis estão as pregas vocais, que são pequenos músculos com poder de contração e extensão. Durante a respiração, as pregas vocais permanecem abertas, enquanto que para produzir som elas se fecham e o ar faz pressão, causando uma vibração que gera o som.

Este trabalho mostra como a voz pode e deve ser usada e controlada a fim de corresponder aos estilos musicais e às características vocais. Identificar a voz, classificá-la e aprender as técnicas de relaxamento e aquecimento vocal, beneficia não só a saúde física e mental e os estados emocionais - a aparência, a autoconfiança e a autoestima - como também as habilidades comunicativas do cantor. Compreender como a voz é produzida e trabalhar a reprodução da voz de maneira que esta soe agradável, é, sem dúvida, uma excelente disciplina pessoal e é vital para quem usa a voz como instrumento de trabalho, no canto ou na oratória.

Diante de um grupo vocal, é importante que o profissional da música tenha conhecimento do perfil desses cantores a fim de ajustar um repertório de músicas cujas tonalidades estejam compatíveis com a capacidade vocal do grupo.

Para Viana (2012), através de cuidadosa atenção é possível compreender a voz dos outros. Esta compreensão é indispensável para quem trabalha com música e tem o papel de contribuir para a formação e o aprimoramento de um cantor a fim de que seja capaz de executar qualquer canção, modulada ou não, conforme suas características vocais. Muitos significados se escondem por trás da emissão e da articulação dos sons, por isso é importante conhecer a extensão e as características da voz.

Trabalhar uma voz e garantir uma boa execução dos sons falados ou cantados é a meta. Entende-se por articulação o processo pelo qual os órgãos da fala moldam os sons de forma que se tornam reconhecíveis. Esses órgãos são os

lábios, a língua e o maxilar, responsáveis por articular, ou seja, conferir a um determinado som uma emissão clara. A língua é o articulador mais importante, visto que interfere nos sons vocálicos e consonantais. Lábios e maxilar, assim como a língua, precisam estar relaxados para que a expressão do rosto seja agradável e a interpretação do som articulado seja também de boa qualidade. Adquirir este conhecimento é muito importante para a aplicação do método proposto e desenvolvido na presente dissertação, visto que para proceder à classificação vocal é necessário um trabalho individualizado e, em caso de canto coletivo, um acompanhamento e uma percepção individual para a harmonização do canto em grupo, ajustando-se todos os aspectos musicais, na medida do possível.

2.3 ASPECTOS DO USO DA VOZ

Segundo Coimbra (2012), psicóloga, fonoaudióloga especialista em voz e doutora em Fonoaudiologia pela UMSA/UNESA, outro fator relevante na fisiologia da voz e no seu processo de formação é o período chamado de muda vocal, que ocorre na puberdade e se completa na adolescência. São as transformações observadas na voz falada de meninos e meninas, que fazem a diferença no desenvolvimento da laringe de ambos os sexos nessa fase da vida e definem também as características vocais. Os hormônios tornam a voz do menino viril e a da menina também um tom ligeiramente mais agravado, E adulto. Esse momento é muito esperado por eles, porque até então não há diferenças significativas entre a voz de meninos e meninas. Espera-se que entre os doze e quinze anos, podendo ser um pouco menos ou um pouco mais devido a fatores anatômicos, fisiológicos e psicológicos, essa mudança vocal se complete efetivamente, sendo mais visível a mudança na voz masculina.

Nos meninos a laringe é sensível ao hormônio masculino, facilitando os tons graves e dificultando os tons agudos. Ocorre a oscilação entre graves e agudos e o menino fala “desafinado”. A intensidade da voz tende a aumentar, já que a

laringe e a musculatura da respiração se desenvolvem e se fortalecem. Nas meninas, a mudança na voz pode acontecer mais cedo e de forma mais rápida, com menor influência dos hormônios sexuais sobre a laringe e pouca oscilação entre tons graves e agudos. Coimbra (2012).

A partir dessas transformações, torna-se possível identificar alguém pela voz. É possível ainda saber se alguém está bem ou não, pela emissão da voz. O modo como alguém usa a sua voz expressa muito de si mesmo. As suas vocalizações revelam como as suas energias, seus sentimentos, pensamentos e intuições colaboram na formação de um estilo vocal muito próprio. Este estilo reage às influências externas tanto quanto os sentimentos se desenvolvem e reagem no interior de uma pessoa através do tempo, das emoções em que viveu, dos conhecimentos que adquiriu e das experiências que acumulou. Logo, a voz é algo diagnosticável.

Pode-se identificar até mesmo o perfil de um indivíduo e também o seu estilo musical pela forma como ele emite a sua voz. Em suma: aprender a usar a voz como uma ferramenta que necessita de manutenção e conhecimento, faz toda diferença quando o assunto é cantar, embora o mau uso da voz comece a se manifestar desde a fala.

Para Oliveira (2001) Os cantores estão mais sujeitos a ter problemas na voz, por isso é importante saber como preservá-la tanto ao falar como ao cantar. No canto, ajustar a tonalidade das músicas, de modo que não fiquem tão graves ou tão agudas, conforme o perfil do cantor é, com certeza, a garantia de um bom desempenho vocal. Por outro lado, o descaso ou a falta de conhecimento levam o indivíduo a falar ou cantar de qualquer maneira, sem técnica, respirando de forma incorreta, forçando a voz, articulando mal os sons, arriscando-se a ficar rouco, a sentir desconforto ou dor e até mesmo a perder completamente a condição de cantar, em casos mais graves.

Os cuidados para a preservação da saúde vocal e a manutenção da qualidade da voz são imprescindíveis, principalmente para quem deseja usar a sua voz profissionalmente. É importante atentar para o uso correto da voz falada ou

cantada, conhecer o mecanismo da respiração adequada e aplicar técnicas de aquecimento e relaxamento das pregas vocais e dos músculos faciais.

Conforme Viana (2012), a realização de testes vocais com exercícios de vocalizes para trabalhar a emissão de sons vocálicos e consonantais contribui para melhorar a articulação e a dicção. Outro benefício desses testes é identificar aspectos tais como a extensão da voz, ou seja, qual a nota mais aguda ou mais brilhante que o cantor consegue alcançar e também a mais grave, com qualidade. Esses cuidados são funcionais para que o cantor tenha suas características vocais respeitadas e bem exploradas dentro do seu potencial, o que confere conforto, qualidade e boa execução de qualquer música, após os devidos ajustes. Além de funcionais, são também preventivos, porque resguardam a integridade da voz, mantendo-a sonora e tecnicamente trabalhada, além de preservar as pregas vocais do mau uso ou do uso indevido da voz.

Este é um assunto extremamente importante e não pode ser ignorado por quem utiliza a voz como instrumento de trabalho. Dessa forma, esta dissertação se respalda em argumentos teóricos e científicos e propõe um método eficaz e eficiente para um trabalho vocal apurado e tecnicamente ajustável a qualquer perfil e estilo musical devidamente identificado.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DA VOZ

Esta parte do trabalho apresenta as características vocais que devem ser identificadas e trabalhadas para o exercício do canto. A segunda parte fundamenta a importância de exercícios vocálicos básicos e de respiração para a realização de possíveis testes vocais. Segundo Dinville (1993), a voz só é produzida quando acontece uma pressão no ato de expirar, assim, criando e mantendo o som laríngeo. Apesar de a respiração ser um ato inconsciente, o cantor deve ter consciência e

disciplina ao respirar, para que após um longo treinamento, a respiração esteja ativa e eficaz em função do canto (DINVILLE, 1993, p. 51). Entende-se que o processo de controle do ar acontece à medida que o trabalho vocal se desenvolve, bem como a conscientização e a assimilação da respiração correta para o canto. A respiração é o alicerce e a base de toda a técnica vocal (BEZZI, 1984, p. 44). Reforçando essa ideia, Mansion (1947) faz uma comparação, que foi traduzida para este trabalho:

A respiração é para o cantor o que o arco é para o violinista. É impossível ser um bom violinista sem ter um bom golpe de arco. Do mesmo modo, não se é bom cantor se não possuir um perfeito controle da respiração. A respiração pode ser em efeito, comparada ao arco, que sustenta o som e lhe dá amplitude, força, suavidade e flexibilidade. (MANSION, 1947, p.35).

Mais adiante são apresentadas algumas fórmulas práticas que alargam a extensão da voz e aprimoram a respiração, assim como aumentam a conscientização das partes do corpo envolvidas na respiração e nas vocalizações. Esses exercícios foram realizados com grupos vocais, durante a aplicação de testes para classificação da voz, como será mostrado na sequência deste trabalho, a fim de respaldar o método proposto e obter os resultados esperados.

Segundo Bezzi (1984) “cantar é preciso”, ou seja, é revelador e, portanto, é imprescindível ouvir a voz para que se possa classificá-la. Um exame laringoscópico aponta a anatomia das pregas vocais, tamanho e espessura, mas só a audição revela a cor, o alcance e a facilidade da voz. Esse ponto de vista reforça a importância de permitir que alguém cante livremente para que sua voz possa ser avaliada e classificada quanto ao timbre e extensão e assim o perfil do cantor possa ser identificado. Tal reconhecimento propicia ao cantor um melhor desempenho no canto, facilitado pelos ajustes tonais pertinentes às características de sua voz.

Para ser utilizada musical e profissionalmente, segundo Coimbra (2012) a voz deve ter, em média, a tessitura ou a extensão de duas oitavas, apresentando registros de grave, médio e agudo. As notas de passagem são as notas de ligação entre esses registros. O tom da voz falada quase sempre está contido na tessitura cantada. Permitir que o indivíduo cante livremente é uma maneira de perceber sua extensão vocal e ter uma primeira impressão sobre o seu timbre de voz.

Nessa avaliação é possível enquadrar a voz masculina em baixo, barítono ou tenor e a voz feminina em soprano, meio-soprano e contralto. Um requisito importante para classificar uma voz é que o indivíduo esteja amadurecido em seu processo de colocação e impostação vocal, a fim de não correr o risco de uma classificação errada, o que acarretaria sérios prejuízos à voz.

Com exceção do repertório clássico, os demais estilos musicais não exigem tanto uma definição rigorosa do timbre, já que se pode alterar a tonalidade das músicas quando necessário para ajustar-se ao perfil do cantor. Mas é relevante identificar a cor e o tom dessa voz, se é brilhante, se é grave, se é profunda, para encontrar a região de maior beleza e conforto vocal, onde o cantor encontra facilidade na emissão do som e este seja belo, brilhante e natural.

Conforme Sinzig (1976), após identificar em que região se sente mais confortável cantando, o cantor deverá ser avaliado quanto aos atributos de sua voz. Se for escura, clara, vibrante, brilhante, projetada, metálica, redonda, aveludada, doce, apagada, forte, pequena, lírica, entre outras características particulares que fazem parte de uma boa classificação vocal. Os graves deverão ser a última região a ser trabalhada.

Ao realizar os testes de voz, primeiramente se deve trabalhar os médios e os agudos. Somente quando toda a região aguda da voz tiver sido identificada, aí sim é o momento de trabalhar a região grave. A extensão vocal será determinada pela nota mais grave que o indivíduo conseguir atingir até a nota mais aguda que ele alcançar, sem esforço nos dois extremos. Essa extensão, aliada à zona de conforto ao cantar, irá determinar o timbre e a classificação vocal e, conseqüentemente, o perfil do cantor.

Para Vargas *et. al.* (2005), é possível identificar a tessitura vocal indo de Dó a Dó nas teclas do teclado, a cada semitom, vocalizando do mais grave ao mais agudo que se puder alcançar com o menor esforço possível. Ao contar quantos semitons a voz conseguiu reproduzir, determina-se, então, o “tamanho” dessa voz. Essa identificação classifica a voz masculina e feminina segundo os registros de graves, médios e agudos que ela apresenta.

Após classificar uma voz é necessário trabalhar para que essa voz alcance o melhor desempenho. Ao identificar a tessitura de uma voz medindo as

notas alcançadas, é possível também explorar a capacidade dessa voz para que sua extensão seja expandida, ou seja, é possível, através de exercícios de técnica vocal, aumentar as possibilidades de que a voz alcance regiões mais graves ou mais agudas do que a tessitura mediu. Deve-se ressaltar, porém, que isso é viável mediante a utilização de técnicas de canto. Essas técnicas são aplicadas através de vocalizes, que são pequenas linhas melódicas utilizadas para impostação correta da voz. São sons vocálicos ou consonantais cantados repetidamente, evoluindo na escala e, assim, colocando o som na região vocal adequada. As vocalizes servem também para o aquecimento da voz, relaxamento das pregas vocais e treinamento da respiração correta. Os exercícios devem ser feitos antes e depois do canto e sempre que necessário, além do momento da realização dos testes vocais, que podem ser aplicados individualmente ou em conjunto, com suavidade e dinâmica correta. Sinzig (1976).

Segundo Vargas *et. al.* (2005), há fatores predominantes para classificar uma voz e identificar um perfil. Um teste vocal eficaz mede a tessitura da voz, que é o conjunto de notas que o cantor pode emitir facilmente. Aponta também a extensão vocal, que abrange a totalidade dos sons que a voz pode reproduzir. Define o timbre, que é a qualidade do som emitido, que diferencia cada pessoa. Revela a capacidade respiratória e a qualidade dessa respiração. Mede a intensidade da voz e a potência que ela atinge sem esforço. Atenta para as características anatômicas e físicas do indivíduo e ainda percebe o temperamento do cantor, que é o conjunto de suas qualidades pessoais que se expressam também no canto e desenham as suas possibilidades vocais.

Esses testes devem ser realizados para a obtenção de bons resultados, inegavelmente alcançados com os ajustes devidamente adequados ao perfil do cantor.

2.5 MINERAÇÃO DE DADOS

Atualmente as organizações têm se mostrado extremamente eficientes em capturar, organizar e armazenar grandes quantidades de dados, obtidos de suas operações diárias ou pesquisas científicas, porém, a maioria ainda não usa adequadamente essa gigantesca quantidade de dados para transformá-la em conhecimentos que possam ser utilizados em suas próprias atividades, sejam elas comerciais ou científica. Cortes et al. (2002).

Mineração de dados é um processo altamente cooperativo entre homens e máquinas, que visa a exploração de grandes bancos de dados, com o objetivo de extrair conhecimentos através do reconhecimento de padrões e relacionamento entre variáveis, conhecimentos esses que possam ser obtidos por técnicas comprovadamente confiáveis e validados pela sua expressividade estatística. Cortes et al. (2002).

Frequentemente, mineração de dados tem sido considerada e classificada como uma mistura de pesquisas em estatística, inteligência artificial e bancos de dados. Até recentemente, não era reconhecido como um campo de interesse para os estatísticos. Devido à sua importância prática, entretanto, o campo tem emergido como uma área de crescimento acentuado e de elevada importância, destacando-se pelo surgimento de diversos congressos científicos e produtos comerciais. CORTES et al. (2002).

Mineração de Dados é parte de um processo maior de pesquisa denominado Busca de Conhecimento em Banco de Dados (*Knowledge Discovery in Database - KDD*), o qual possui uma metodologia própria para preparação e exploração dos dados, interpretação de seus resultados e assimilação dos conhecimentos minerados. No entanto, se tornou mais conhecida do que o próprio processo de KDD em função de ser a etapa onde são aplicadas as técnicas de busca de conhecimentos.

O processo de KDD inicia-se com a compreensão do domínio da aplicação e percepção dos objetivos finais a serem atingidos. Em seguida é realizada a seleção dos dados que irão ser trabalhados. Por sua vez, passa-se à etapa de limpeza e transformação dos dados, de forma a adaptá-los aos algoritmos de Mineração de Dados que posteriormente serão utilizados. É durante esta fase

que se realiza a integração de dados heterogêneos e a eliminação dos dados. Os dados pré-processados devem ainda passar por uma transformação que os armazena no formato adequado, de forma a facilitar o uso das técnicas de Mineração de Dados. Dando prosseguimento ao processo, a próxima fase é a de Mineração de Dados, que inicia com a escolha das técnicas e dos métodos a serem aplicados. Estes dependem fundamentalmente dos objetivos que se pretendem atingir. No final da fase de Mineração de Dados é gerado um conjunto de padrões, que será analisado validado e interpretado de forma a obter conhecimento

Na Figura 2 são apresentadas as etapas do processo de KDD segundo Fayyad *et al.* (1996).

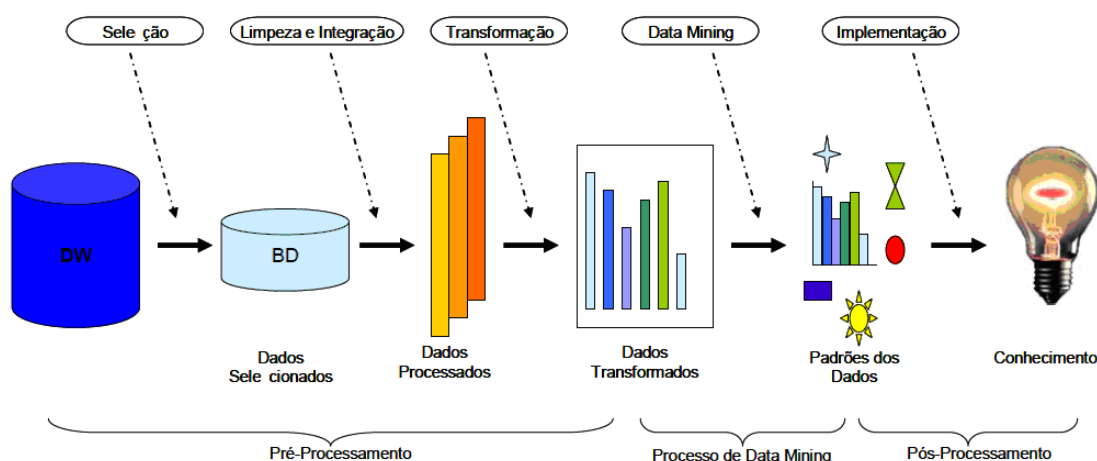


Figura 2 - Etapas do processo de KDD (adaptado de [FAYYAD et al., 1996])

Abordar técnicas e ferramentas que buscam transformar os dados armazenados, sejam de indústrias, bancos, hospitais, telecomunicações, ecológicos, imobiliários e outros, em conhecimento é o objetivo da área denominada Descoberta de Conhecimentos em Bases de Dados (Knowledge Discovery in Databases – KDD).

O processo de KDD é um conjunto de atividades contínuas que compartilham o conhecimento descoberto a partir de bases de dados. Segundo Fayyad et al. (1996), esse conjunto é composto de cinco etapas: seleção dos dados; pré-processamento e limpeza dos dados; transformação dos dados; Mineração de Dados (*Data Mining*); e interpretação e avaliação dos resultados. A interação entre estas diversas etapas pode ser observada na Figura 2, sendo que as três primeiras podem ser interpretadas como a análise exploratória dos dados.

Mineração de Dados é um passo no processo de Descoberta de Conhecimento que consiste na realização da análise dos dados e na aplicação de algoritmos de descoberta que, produzem um conjunto de padrões de certos dados. Fayyad et al. (1996).

Segundo Freitas (2000), o conhecimento a ser descoberto deve satisfazer a três propriedades: deve ser correto (tanto quanto possível); deve ser compreensível por usuários humanos; e deve ser interessante / útil / novo. Ainda, o método de descoberta do conhecimento deve apresentar as seguintes três características: deve ser eficiente (acurado), genérico (aplicável a vários tipos de dados) e flexível (facilmente modificável)

Na etapa de Mineração de Dados, podem ser identificados programas computacionais correspondentes a três tarefas principais: classificação, agrupamento e descoberta de regras de associação.

2.5.1 Classificação

Conforme Camilo; Silva (2009), uma das tarefas mais comuns, a Classificação, visa identificar a qual classe um determinado registro pertence. Nesta tarefa, o modelo analisa o conjunto de registros fornecidos, com cada registro já contendo a indicação à qual classe pertence, a fim de 'aprender' como classificar um novo registro (aprendizado supervisionado). Por exemplo, pode-se categorizar os registros de um conjunto de dados contendo as informações sobre os colaboradores de uma empresa: Perfil Técnico, Perfil de Negócio e Perfil Gerencial.

O modelo analisa os registros e então é capaz de dizer em qual categoria um novo colaborador se encaixa. A tarefa de classificação pode ser usada por exemplo para:

- Determinar quando uma transação de cartão de crédito pode ser uma fraude;
- Identificar em uma escola, qual a turma mais indicada para um determinado aluno;

- Diagnosticar onde uma determinada doença pode estar presente;
- Identificar quando uma pessoa pode ser uma ameaça para a segurança.

2.5.2 Clusterização

A tarefa de agrupamento visa identificar e aproximar os registros similares. Um agrupamento (ou cluster) é uma coleção de registros similares entre si, porém diferentes dos outros registros nos demais agrupamentos. Esta tarefa difere da classificação, pois não necessita que os registros sejam previamente categorizados (aprendizado não-supervisionado). Além disso, ela não tem a pretensão de classificar, estimar ou prever o valor de uma variável, ela apenas identifica os grupos de dados similares, conforme Camilo;Silva (2009) mostra na Figura 3. Exemplos:

- Segmentação de mercado para um nicho de produtos;
- Para auditoria, separando comportamentos suspeitos;

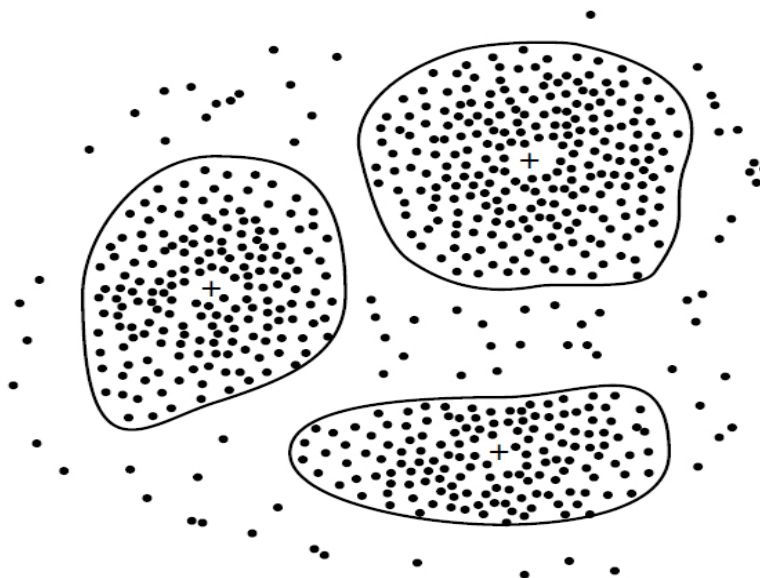


Figura 3 - Registros agrupados em três clusters
Fonte (CAMILO;SILVA-2009)

As aplicações das tarefas de agrupamento são as mais variadas possíveis: pesquisa de mercado, reconhecimento de padrões, processamento de

imagens, análise de dados, segmentação de mercado, taxonomia de plantas e animais, pesquisas geográficas, classificação de documentos da Web, detecção de comportamentos atípicos (fraudes), entre outras. Geralmente a tarefa de agrupamento é combinada com outras tarefas, além de serem usadas na fase de preparação dos dados.

2.5.3 Regras de associação

O desafio de encontrar regras de associação no contexto de bases de dados foi inicialmente exposto em Agrawal, Imielinski e Swami (1993) e consiste na busca por padrões associativos que indiquem o relacionamento entre conjuntos de itens. O exemplo clássico que ilustra a mineração de regras de associação é a chamada “análise de cesta de compras” (*market basket analysis*), que consiste na identificação das associações entre itens tal que a presença de alguns itens na cesta implique frequentemente a presença de outros. A solução desse enunciado é possível com a aplicação de algoritmos de mineração de regras de associação.

Uma regra de associação pode ser definida na forma de uma implicação $X \rightarrow Y$, sendo X e Y conjuntos de itens. Tais conjuntos são chamados de *itemsets*, sendo comum também referenciá-los por *k-itemsets*, em que k é o número de itens que o referido conjunto possui. Esse padrão indica uma associação entre o conjunto antecedente (X) e o conjunto conseqüente (Y), de modo que a ocorrência de X implica a ocorrência de Y . Para obter e mensurar as regras de associação são utilizadas duas medidas de interesse denominadas *suporte* e *confiança*. O *suporte* representa a frequência da regra de associação, ou seja, indica a porcentagem de ocorrência concomitante dos conjuntos X e Y na base de dados.

$$\text{suporte}(X \rightarrow Y) = \frac{\text{n}^\circ \text{ de registros contendo } X \text{ e } Y}{\text{total de registros}}$$

A medida confiança, por sua vez, indica a frequência em que a ocorrência do conjunto de itens X implica na ocorrência do conjunto Y . Tal medida expressa a validade da regra de associação $X \rightarrow Y$.

$$\text{confiança}(X \rightarrow Y) = P(Y | X) = \frac{\text{n}^\circ \text{ de registros contendo X e Y}}{\text{n}^\circ \text{ de registros contendo X}}$$

2.5.4 Algoritmo apriori

O algoritmo *APRIORI* é considerado um clássico na extração de Regras de Associação. Ele foi proposto pela equipe de pesquisa QUEST da IBM que deu origem ao Software Intelligent Miner. Este algoritmo faz recursivas buscas no Banco de Dados à procura dos conjuntos freqüentes (conjuntos que satisfazem um suporte mínimo estabelecido).

O algoritmo *APRIORI* foi formalizado por Agrawal e Srikant (1994) a partir dos modelos matemáticos para a extração de regras de associação booleanas. O seu funcionamento é baseado no conceito de “geração-e-teste de candidatos”, que divide cada iteração do algoritmo em duas fases.

A primeira fase visa à obtenção dos k-itemsets candidatos. Na primeira iteração, os 1-itemsets candidatos são obtidos por meio da varredura no conjunto de dados. A partir da segunda iteração, o conjunto de k-itemsets candidatos é gerado por meio de combinações dos (k-1)-itemsets freqüentes.

A segunda fase consiste no teste dos itemsets candidatos a fim de filtrar aqueles que são de interesse. Ou seja, faz a verificação daqueles que atendem à freqüência mínima pré-estabelecida (MINSUP).

METODOLOGIA

É importante ressaltar que de um mesmo modo é possível proceder para avaliar o desempenho de vários cantores ou cantoras e perceber suas vozes no sentido de qualificá-las.

Neste trabalho foi realizada a identificação da tonalidade e das notas brilhantes de diversas músicas, para isso foram utilizados dois métodos para verificação da nota brilhante. O primeiro deles é simples, apenas reproduzir a nota mais brilhante executada pelo cantor em um afinador de voz e este pode ser encontrado disponíveis gratuitamente em aplicativos de celulares conforme Figura 4.

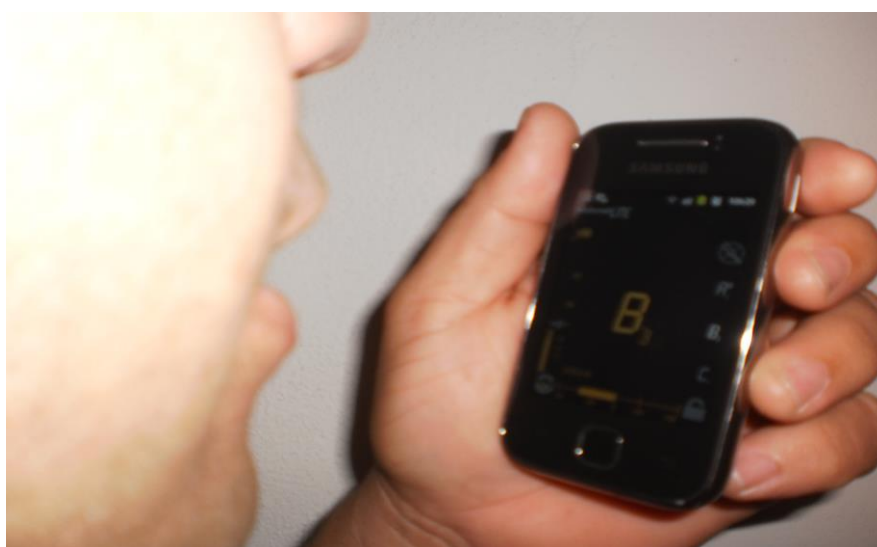


Figura 4 – Método utilizado para verificação da nota brilhante em aplicativos livres de Celulares.

A Figura 4 exibe a nota brilhante B3, verificado em um aplicativo livre de Celular. O outro método foi a utilização da ferramenta *CUBASE*, fabricada pela *Steinberg*, um “multitrack” para gravação, edição, processamento e mixagem de áudio digital. Este software representa na tela as notas com suas respectivas especificações após ter transformado o áudio de entrada, no trecho que se pretende analisar.

A Figura 5 apresenta um exemplo de um trecho da MPB em que se verifica a interpretação de um cantor com registro de voz barítono (Registro Médio). A parte destacada é o refrão da música, trecho que o cantor repete várias vezes. As notas mais agudas são representadas pelas faixas na parte superior da tela. Percebe-se que a nota mais aguda se destaca em repetidas execuções no refrão. Quanto à percepção auditiva, ela precisará ser a nota mais brilhante que esse intérprete possa executar. No exemplo, essa nota é a Re3 (D3), especificado na parte esquerda da tela, em formato de piano.

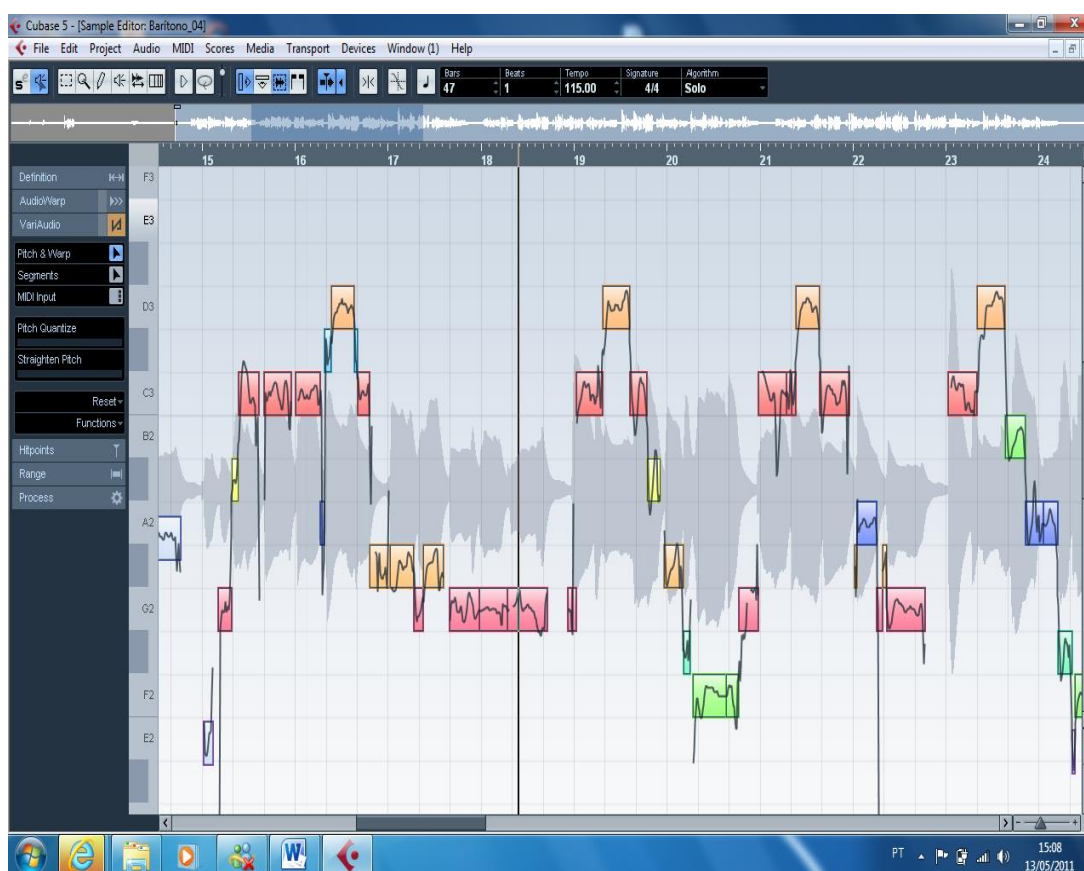


Figura 5 - Leitura das notas mais brilhantes nos trechos em destaque das músicas.

Nos casos onde a nota mais aguda foi atingida uma só vez, adotou-se uma nota imediatamente abaixo dessa nota mais aguda, com boa incidência, como nota mais brilhante.

Estes métodos de coleta de informações foram utilizados em duas pesquisas realizadas a fim de criar uma base de dados para análise. Primeiramente foram pesquisados quatro estilos musicais, a saber: Música Popular Brasileira com Intérpretes Masculinos, Música Popular Brasileira com Intérpretes Femininos, Sertanejo Universitário na MPB e Música Internacional com Intérpretes Femininos. Através de sites de busca com foco nas músicas mais acessadas no ano de 2011, em cada um dos estilos anteriormente mencionados foram estudadas 100 músicas com o objetivo de levantar dados característicos das vozes dos intérpretes em seus respectivos estilos.

Os Quadros 4, 5, 6 e 7 apresentam uma mostra do comportamento das notas e a função que as notas mais brilhantes exercem na Música Popular Brasileira com Intérpretes Masculinos e Femininos, no Sertanejo Universitário e na Música Internacional com Intérpretes Femininos, já que, em cada estilo, as mesmas notas têm funções distintas, dadas as características vocais e de tonalidade. nos diferentes estilos musicais.

No Quadro 4 verifica-se que a nota mais brilhante predominante entre os cantores masculinos do estilo MPB (Música Popular Brasileira) é a Mi3. Essa mesma nota pode ter função diferente quando aplicada em outras tonalidades dentro da escala diatônica.

Quadro 4 - Análise das notas mais brilhantes em interpretações de voz masculina da MPB.

Cantor	Música	Tonalidade	Nota mais brilhante/ Função na escala	Nota mais incidente
Roberto Carlos	Emoções	Sol# Maior	<u>Re#3/ "5"</u>	Do3 (14)
Gonzaguinha	O que é o que é	La Maior	<u>Mi3 / "5"</u>	Do#3 (15)
Djavan	Se	La Maior	<u>Mi3 / "5"</u>	La2 (52)
Fábio Júnior	Alma Gêmea	Si Maior	<u>Mi3 / "4"</u>	Si2 (17)
Wando	Fogo e Paixão	Do maior	<u>Mi3 / "3"</u>	Do3 (13)

No Quadro 5 observa-se uma mostra das notas mais brilhantes entre os cantores masculinos do estilo Sertanejo Universitário, pode-se perceber que a variação das notas fica entre Fa#3, Sol3 e Sol#3, sugerindo também uma região de notas brilhantes bem próximas, com intervalo de 1 semitom, com maior incidência no Sol3 que em comparação ao estilo do Quadro 1, voz masculina da MPB que evidenciou a nota mais brilhante a Mi3, o estilo Sertanejo mostrou-se mais incidente em uma região mais aguda.

Quadro 5 - Análise das notas mais brilhantes e incidentes no estilo Sertanejo Universitário da MPB.

Cantor	Música	Tonalidade	Nota mais aguda/ Função na escala	Nota Mais Incidente
Luan Santana	Meteoro	La Maior	<u>Fa#3 / "6"</u>	La3 (11)
Bruno e Marrone	Por te amar demais	Do Maior	<u>Sol3 / "5"</u>	Do3 (4)
Jorge e Mateus	Amo Noite e Dia	Mi Maior	<u>Sol#3 / "3"</u>	Mi3 (13)
Fernando e Sorocaba	Teus Segredos	Re Maior	<u>Sol3 / "4"</u>	Re3 (9)
João Bosco e Vinícius	Chora, me Liga	Do Maior	<u>Sol3 / "5"</u>	Do3 (11)

O Quadro 6 apresenta uma mostra da base de dados das cantoras de diferentes segmentos da MPB. Observa-se que a nota mais brilhante neste perfil varia entre Sol#3 e a La3, com maior incidência do La3. A predominância das notas mais brilhantes nos diferentes estilos musicais proporciona um estudo e uma previsão aplicáveis em situações similares.

Quadro 6 - Análise das notas mais brilhantes e incidentes em interpretações femininas da MPB.

Cantora	Música	Tonalidade	Nota mais brilhante/ Função na escala	Nota Mais Incidente
Ivete Sangalo	Quando a Chuva Passar	Do Maior	<u>La3 / "6"</u>	Do3 (12)
Paula Fernandes	Pra Você	Fá Maior	<u>La3 / "3"</u>	Mi3 (7)
Claudia Leite	Beijar na Boca	Re# Maior	<u>Sol#3 / "4"</u>	Sol3 (12)
Ana Carolina	Rosas	La# Maior	<u>Sol#3 / "7"</u>	Do#3 (19)
Maria Gadú	Shimbalaiê	Do Maior	<u>La3 / "4"</u>	Mi3 (12)

O Quadro 7 apresenta uma mostra feminina da base de dados de intérpretes da Música Americana. O alcance da nota mais brilhante se apresenta em uma região superior àquela alcançada pelas cantoras da MPB, citadas no Quadro 6.

Quadro 7 – Mostra das notas mais brilhantes e incidentes de algumas cantoras americanas.

Cantora	Música	Tonalidade	Nota mais brilhante/ Função na escala	Nota mais Incidente
Adele	Someone Like You	La Maior	<u>Mi4 / "5"</u>	La 3 (14)
Whitney Houston	I Will Always Love You	La Maior	<u>Re4 / "4"</u>	Si 3 (10)
Celine Dion	Titanic	Sol# Maior	<u>Re#4 / "5"</u>	Sol#3 (9)
Mariah Carey	Hero	Sol Maior	<u>Mi4 / "6"</u>	Sol 3 (8)
Katy Perry	Firework	Sol# Maior	<u>Re#4 / "5"</u>	Sol#3 (7)

No estudo feito em cem (100) músicas internacionais com intérpretes femininas, entre as mais acessadas, verificou-se que a nota mais brilhante interpretada por elas com boa qualidade ficou entre as notas Re₄ e Mi₄, revelando uma região bem diferente daquela apresentada pelas cantoras da Música Popular Brasileira. Essa informação é fundamental para ajustar as tonalidades de acordo com os diferentes estilos e intérpretes.

A partir destes estudos foi realizada a mineração de dados, especificamente a tarefa de classificação, para se obter conhecimento implícito na base de dados. De acordo com Tan, Steinbach e Kumar (2009), ela consiste em aprender uma função alvo f que mapeie cada conjunto de atributos x para um dos rótulos de classes y pré-determinados. Foi utilizado o algoritmo *Apriori*, este é um dos algoritmos mais utilizados quando se trabalha com regras de associação em bancos de dados (AGRAWAL et al, 1993). Ele encontra todos os conjuntos de itens frequentes, denominados itemsets frequentes (L1).

Utilizou-se a ferramenta *WEKA* (Waikato Environment for Knowledge Analysis), Disponível: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>>, desenvolvida pela Universidade de Waikato da Nova Zelândia.

Num segundo momento foi realizado um estudo com 1000 músicas dentre as mais acessadas em sites de busca no ano de 2011. Foram analisadas, aproximadamente, 50 músicas para cada um dos 20 intérpretes selecionados na pesquisa correspondente ao estudo da tonalidade nos estilos musicais, com o objetivo de traçar um perfil, uma característica distinta, observando as notas brilhantes executadas por eles.

3 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir serão apresentados os resultados referentes ao trabalho realizado. Na Figura 6 é apresentada uma estatística realizada pelo *WEKA* da base de dados, demonstrando o comportamento das notas mais incidentes e mais brilhantes, coletado nas 400 músicas analisadas dentre as mais acessadas nos quatro estilos musicais, diferenciados, na figura, por cores: azul forte, representando o estilo Sertanejo Universitário na MPB; vermelho, representando Intérpretes Femininas da MPB; azul claro, representando Intérpretes Masculinos da MPB; cinza, representando a Música Internacional com Intérpretes Femininos.

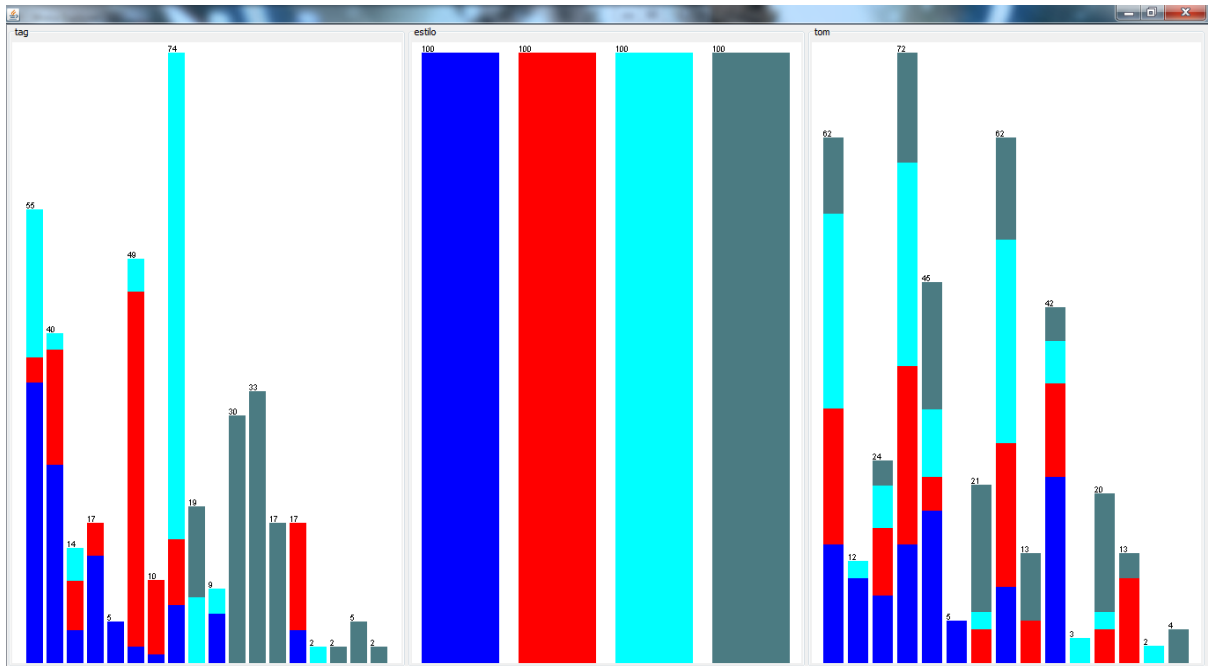


Figura 6 - Estatísticas no WEKA das notas mais brilhantes (tag), nos diferentes estilos musicais.

Fazendo uma análise, percebe-se que no estilo Sertanejo representado pelo azul forte, a nota mais brilhante predominante está mais incidente em uma determinada nota, que é a Sol3. A nota mais brilhante predominante no estilo MPB interpretado por mulheres, representado pela cor vermelha, se encontra mais incidente em uma determinada nota, que é La3. O estilo MPB masculino, representado pela cor azul claro, tem como nota mais incidente a nota Mi3 e no estilo Intérpretes Americanas, representado pela cor cinza, predominam as notas mais brilhantes Re4 e Mi4, com maior incidência. Outros conhecimentos podem ser extraídos, tais como a nota Re3 sendo a mais incidente em todos os estilos e o tom mais comum sendo o de La Maior, o tom do diapasão universal. Essas informações vão ser verificadas como regras pelo algoritmo de associação.

No resultado da mineração de dados, onde foi utilizado o Algoritmo *Apriori* de regras de associação, foram extraídas as regras associações dos seguintes estilos musicais: MS – Sertanejo masculino, FM – Feminino MPB, MM – Masculino MPB, FI – Feminino Internacional (Música popular americana).

As identificações das notas mais brilhantes em cada estilo musical e o estudo das tonalidades forneceu a informação necessária que será utilizada como fundamento na adequação das tonalidades para os diversos perfis de intérpretes.

Na Figura 7 é apresentada a tela do *WEKA* com as regras geradas pelo algoritmo *Apriori*.

O Conhecimento extraído e a interpretação das regras geradas pelo algoritmo são de grande importância para que se entenda o comportamento das notas mais brilhantes (tag) nos diferentes estilos musicais e que poderão ser aplicados em diferentes situações dentro do universo musical, especialmente na área de interpretação de músicas já gravadas e interpretadas anteriormente.

```

1. tag=Re4 33 ==> estilo=FI 33 <conf:(1)> lift:(4) lev:(0.06) [24] conv:(24.75)
2. tag=Mí4 30 ==> estilo=FI 30 <conf:(1)> lift:(4) lev:(0.06) [22] conv:(22.5)
3. tag=Re#4 17 ==> estilo=FI 17 <conf:(1)> lift:(4) lev:(0.03) [12] conv:(12.75)
4. estilo=MM tom=Do Maior 17 ==> tag=Mí3 17 <conf:(1)> lift:(8.16) lev:(0.04) [14] conv:(14.92)
5. tag=Mí3 tom=Do Maior 17 ==> estilo=MM 17 <conf:(1)> lift:(4) lev:(0.03) [12] conv:(12.75)
6. tag=La3 tom=Do Maior 17 ==> estilo=FM 16 <conf:(0.94)> lift:(3.76) lev:(0.03) [11] conv:(6.38)
7. tag=La3 tom=La Maior 22 ==> estilo=FM 20 <conf:(0.91)> lift:(3.64) lev:(0.04) [14] conv:(5.5)
8. tag=Mí3 49 ==> estilo=MM 43 <conf:(0.88)> lift:(3.51) lev:(0.08) [30] conv:(5.25)
9. estilo=FM tom=La Maior 24 ==> tag=La3 20 <conf:(0.83)> lift:(4.5) lev:(0.04) [15] conv:(3.91)
10. tag=La3 74 ==> estilo=FM 59 <conf:(0.8)> lift:(3.19) lev:(0.1) [40] conv:(3.47)
11. tag=Fa3 17 ==> estilo=MS 13 <conf:(0.76)> lift:(3.06) lev:(0.02) [8] conv:(2.55)
12. tag=Re3 17 ==> estilo=MM 13 <conf:(0.76)> lift:(3.06) lev:(0.02) [8] conv:(2.55)
13. estilo=MS tom=Sol Maior 22 ==> tag=Sol3 16 <conf:(0.73)> lift:(5.29) lev:(0.03) [12] conv:(2.71)
14. tag=Sol3 tom=Sol Maior 22 ==> estilo=MS 16 <conf:(0.73)> lift:(2.91) lev:(0.03) [10] conv:(2.36)
15. tom=Re# Maior 21 ==> estilo=FI 15 <conf:(0.71)> lift:(2.86) lev:(0.02) [9] conv:(2.25)
16. tom=La# Maior 20 ==> estilo=FI 14 <conf:(0.7)> lift:(2.8) lev:(0.02) [9] conv:(2.14)
17. estilo=FM tom=Do Maior 24 ==> tag=La3 16 <conf:(0.67)> lift:(3.6) lev:(0.03) [11] conv:(2.17)
18. tag=Sol3 55 ==> estilo=MS 34 <conf:(0.62)> lift:(2.47) lev:(0.05) [20] conv:(1.88)
19. tag=Fa#3 40 ==> estilo=MS 24 <conf:(0.6)> lift:(2.4) lev:(0.03) [13] conv:(1.76)
20. estilo=FM 100 ==> tag=La3 59 <conf:(0.59)> lift:(3.19) lev:(0.1) [40] conv:(1.94)
21. tom=Sol Maior 42 ==> tag=Sol3 22 <conf:(0.52)> lift:(3.81) lev:(0.04) [16] conv:(1.73)
22. tom=Sol Maior 42 ==> estilo=MS 22 <conf:(0.52)> lift:(2.1) lev:(0.03) [11] conv:(1.5)
23. tag=Sol3 estilo=MS 34 ==> tom=Sol Maior 16 <conf:(0.47)> lift:(4.48) lev:(0.03) [12] conv:(1.6)
24. estilo=MM 100 ==> tag=Mí3 43 <conf:(0.43)> lift:(3.51) lev:(0.08) [30] conv:(1.51)
25. tag=Sol3 55 ==> tom=Sol Maior 22 <conf:(0.4)> lift:(3.81) lev:(0.04) [16] conv:(1.45)
26. tom=Fa Maior 45 ==> estilo=MS 18 <conf:(0.4)> lift:(1.6) lev:(0.02) [6] conv:(1.21)
27. tag=Mí3 estilo=MM 43 ==> tom=Do Maior 17 <conf:(0.4)> lift:(2.55) lev:(0.03) [10] conv:(1.35)
28. tom=Do Maior 62 ==> estilo=FM 24 <conf:(0.39)> lift:(1.55) lev:(0.02) [8] conv:(1.19)
29. tom=Sol Maior 42 ==> tag=Sol3 estilo=MS 16 <conf:(0.38)> lift:(4.48) lev:(0.03) [12] conv:(1.42)
30. tom=Re Maior 62 ==> estilo=FM 23 <conf:(0.37)> lift:(1.48) lev:(0.02) [7] conv:(1.16)
31. tag=Fa#3 40 ==> estilo=MM 14 <conf:(0.35)> lift:(1.4) lev:(0.01) [4] conv:(1.11)
32. tag=Mí3 49 ==> tom=Do Maior 17 <conf:(0.35)> lift:(2.24) lev:(0.02) [9] conv:(1.25)
33. tag=Mí3 49 ==> estilo=MM tom=Do Maior 17 <conf:(0.35)> lift:(8.16) lev:(0.04) [14] conv:(1.42)
34. estilo=MS 100 ==> tag=Sol3 34 <conf:(0.34)> lift:(2.47) lev:(0.05) [20] conv:(1.29)
35. tag=La3 estilo=FM 59 ==> tom=La Maior 20 <conf:(0.34)> lift:(1.88) lev:(0.02) [9] conv:(1.21)
36. tom=La Maior 72 ==> estilo=FM 24 <conf:(0.33)> lift:(1.33) lev:(0.02) [6] conv:(1.1)
37. tom=Fa Maior 45 ==> estilo=FI 15 <conf:(0.33)> lift:(1.33) lev:(0.01) [3] conv:(1.09)
38. estilo=FI 100 ==> tag=Re4 33 <conf:(0.33)> lift:(4) lev:(0.06) [24] conv:(1.35)
39. tag=Sol3 55 ==> estilo=FM 18 <conf:(0.33)> lift:(1.31) lev:(0.01) [4] conv:(1.09)
40. tag=Mí3 49 ==> tom=La Maior 15 <conf:(0.31)> lift:(1.7) lev:(0.02) [6] conv:(1.15)
41. tom=La Maior 72 ==> tag=La3 22 <conf:(0.31)> lift:(1.65) lev:(0.02) [8] conv:(1.15)
42. estilo=FI 100 ==> tag=Mí4 30 <conf:(0.3)> lift:(4) lev:(0.06) [22] conv:(1.3)
43. tag=La3 74 ==> tom=La Maior 22 <conf:(0.3)> lift:(1.65) lev:(0.02) [8] conv:(1.14)
44. tom=La Maior 72 ==> estilo=MM 21 <conf:(0.29)> lift:(1.17) lev:(0.01) [3] conv:(1.04)
45. tag=Sol3 55 ==> tom=Re Maior 16 <conf:(0.29)> lift:(1.88) lev:(0.02) [7] conv:(1.16)
46. tag=Sol3 55 ==> estilo=MS tom=Sol Maior 16 <conf:(0.29)> lift:(5.29) lev:(0.03) [12] conv:(1.3)
47. tom=La Maior 72 ==> tag=La3 estilo=FM 20 <conf:(0.28)> lift:(1.88) lev:(0.02) [9] conv:(1.16)
48. tom=Do Maior 62 ==> tag=Mí3 17 <conf:(0.27)> lift:(2.24) lev:(0.02) [9] conv:(1.18)
49. tom=Do Maior 62 ==> tag=La3 17 <conf:(0.27)> lift:(1.48) lev:(0.01) [5] conv:(1.1)
50. tom=Do Maior 62 ==> estilo=MM 17 <conf:(0.27)> lift:(1.1) lev:(0) [1] conv:(1.01)

```

Figura 7 – Tela do WEKA com as regras geradas pelo algoritmo *Apriori*.

Para destacar as regras mais relevantes precisa-se avaliar o índice de confiança dentro do aplicativo. Para isso foi adotado um índice de confiança acima de 0.6, que é aceitável em estudos de mineração de dados. As regras mais relevantes encontradas através da mineração de dados foram as seguintes:

- Regras 23 e 42 definem que, se o estilo é Feminino Internacional, então as notas Re4 e Mi4, são predominantemente as mais brilhantes;
- Regra 23 define que, se o estilo é Masculino de MPB, então a nota Mi3 é a predominante;
- Regra 34 define que, se o estilo é Masculino Sertanejo, então a nota Sol3 é a predominante;
- Regra 20 define que, se o estilo é Feminino MPB, então a nota predominante é a La3.

Outras regras sugerem as tonalidades mais comuns em cada estilo, confirmando a intuição de Abdounur (1999), sobre a série harmônica, que apresenta a nota mais evidente como sendo a nota do tom e a nota de função 5 como sendo a segunda da cadeia harmônica.

- Regra de associação 27 define que se o estilo é Masculino MPB e a nota brilhante é Mi3 então o Tom sugerido com índice de confiança de 0,4 é o de Mi Maior;
- Regra de associação 35 define que se o estilo é Feminino MPB e a nota brilhante é La3 então o Tom sugerido com índice de confiança de 0,34 é o de La Maior;
- Regra de associação 23 define que se o estilo é Sertanejo Masculino e a nota brilhante é Sol3 então o Tom sugerido com índice de confiança de 0,47 é o de Sol Maior;

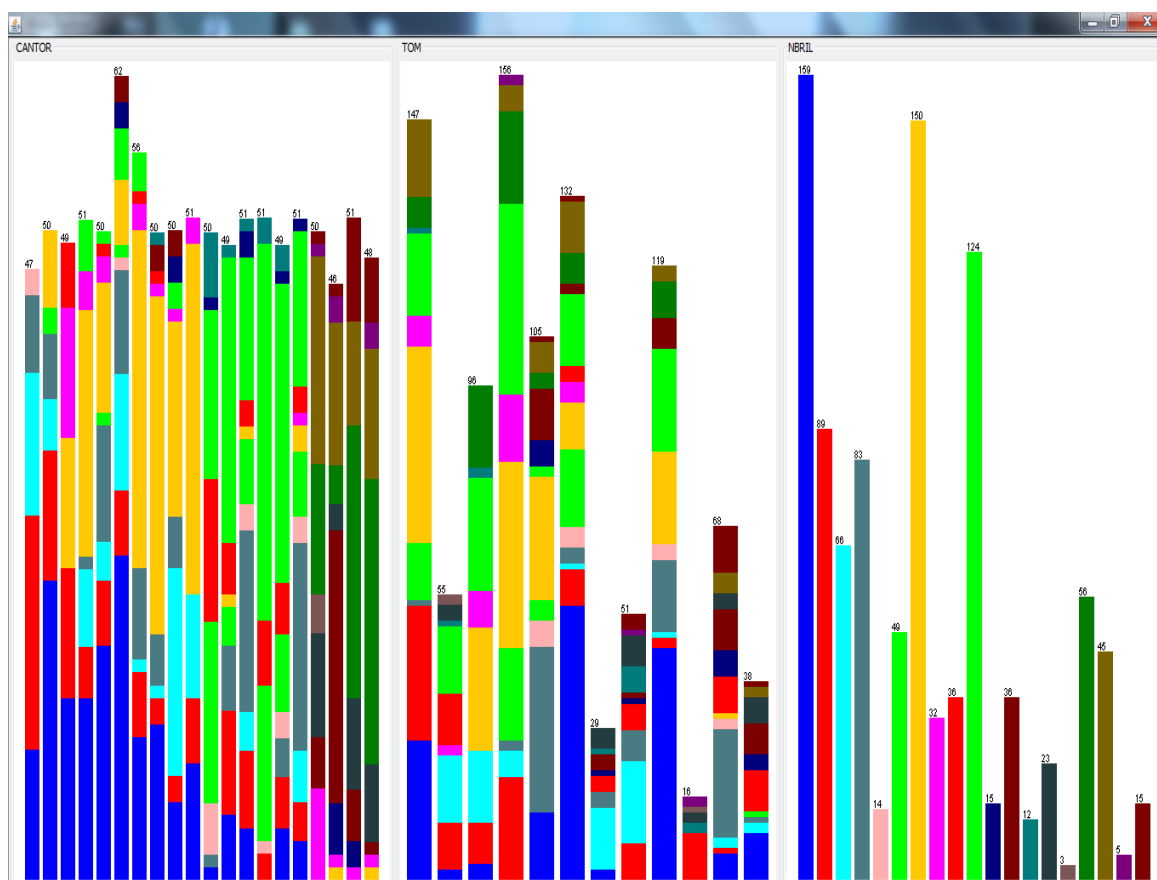


Figura 8 – Estatística do *WEKA* das notas mais brilhantes em 1000 músicas com diversos cantores.

A Figura 8 apresenta uma tela de pré-processamento do *WEKA*, e é apresentado os atributos: Cantor, Tom e Nota brilhante, é verificado pelo agrupamento de cores um significativo índice de confiança na relação cantor e nota brilhante.

O algoritmo *Apriori* foi utilizado novamente para extração de regras, obtendo assim os conhecimentos necessários para traçar o perfil de cada cantor. A Figura 9 expressa, através das regras de associação sugeridas pelo algoritmo *Apriori*, as notas mais brilhantes dos cantores citados no estudo da tonalidade nos estilos musicais apresentados anteriormente.

```

Best rules found:

1. NBRIL=C4 36 ==> CANTOR=Adele 21    conf:(0.58)
2. CANTOR=Wando 51 ==> NBRIL=E3 29    conf:(0.57)
3. CANTOR=CludiaL 51 ==> NBRIL=A3 27    conf:(0.53)
4. CANTOR=MariaG 50 ==> NBRIL=A3 26    conf:(0.52)
5. CANTOR=FabioJ 49 ==> NBRIL=E3 23    conf:(0.47)
6. CANTOR=PaulaF 56 ==> NBRIL=A3 26    conf:(0.46)
7. CANTOR=JORGEM 50 ==> NBRIL=G3 23    conf:(0.46)
8. CANTOR=Celine 48 ==> NBRIL=E4 22    conf:(0.46)
9. CANTOR=Adele 46 ==> NBRIL=C4 21    conf:(0.46)
10. CANTOR=Djavan 49 ==> NBRIL=E3 22    conf:(0.45)
11. CANTOR=MriaC 51 ==> NBRIL=E4 21    conf:(0.41)
12. CANTOR=FERDOS 49 ==> TOM=A 20    conf:(0.41)
13. CANTOR=AnaC 62 ==> NBRIL=G3 25    conf:(0.4)
14. TOM=G 132 ==> NBRIL=G3 53    conf:(0.4)
15. NBRIL=E4 56 ==> CANTOR=Celine 22    conf:(0.39)
16. NBRIL=F3 83 ==> TOM=F 32    conf:(0.39)
17. CANTOR=LS 47 ==> NBRIL=F#3 18    conf:(0.38)
18. TOM=C 119 ==> NBRIL=G3 45    conf:(0.38)
19. NBRIL=E4 56 ==> CANTOR=MriaC 21    conf:(0.38)
20. CANTOR=GtvoL 51 ==> NBRIL=A3 19    conf:(0.37)
21. NBRIL=D3 49 ==> TOM=A 18    conf:(0.37)
22. CANTOR=BrunoM 50 ==> NBRIL=G3 18    conf:(0.36)
23. NBRIL=D4 45 ==> CANTOR=WneyH 16    conf:(0.36)
24. NBRIL=G3 159 ==> TOM=G 53    conf:(0.33)
25. NBRIL=D4 45 ==> TOM=D 15    conf:(0.33)
26. NBRIL=E4 56 ==> TOM=A 18    conf:(0.32)
27. CANTOR=IveteS 50 ==> NBRIL=G#3 16    conf:(0.32)
28. CANTOR=WneyH 50 ==> NBRIL=D4 16    conf:(0.32)
29. CANTOR=Tim M 51 ==> NBRIL=F3 16    conf:(0.31)

```

Figura 9 - Regras das notas mais brilhantes extraídas pelo Algoritmo *Apriori*.

Destacam-se algumas regras relevantes apresentadas na Figura 9, conforme descritas abaixo:

- Se o Cantor é Wando a nota brilhante é E3;
- Se a Cantora é Cláudia Leite a nota brilhante é A3;
- Se a Cantora é Maria Gadu a nota brilhante é a A3;
- Se o Cantor é Fábio Júnior a nota Brilhante é E3;
- Se a Cantora é Paula Fernandes a nota brilhante é A3;

Outras regras associaram as notas brilhantes dos cantores como estão expressas na Figura 9.

A seguir foi constatado através do algoritmo *Apriori* que não é apenas uma nota mais brilhante dos cantores e sim uma região brilhante, compreendida de pelo menos 3 notas de intervalos de um semitom, ou seja, um grupo de notas em que o cantor irá ter uma melhor performance. Para detecção dessa região brilhante foi destacada a nota brilhante e também as notas que estão um semitom acima e um semitom abaixo da nota brilhante. Considerando essa região, foi feita uma estatística com o *Weka*, apresentando essa região em destaque conforme a Figura 10.

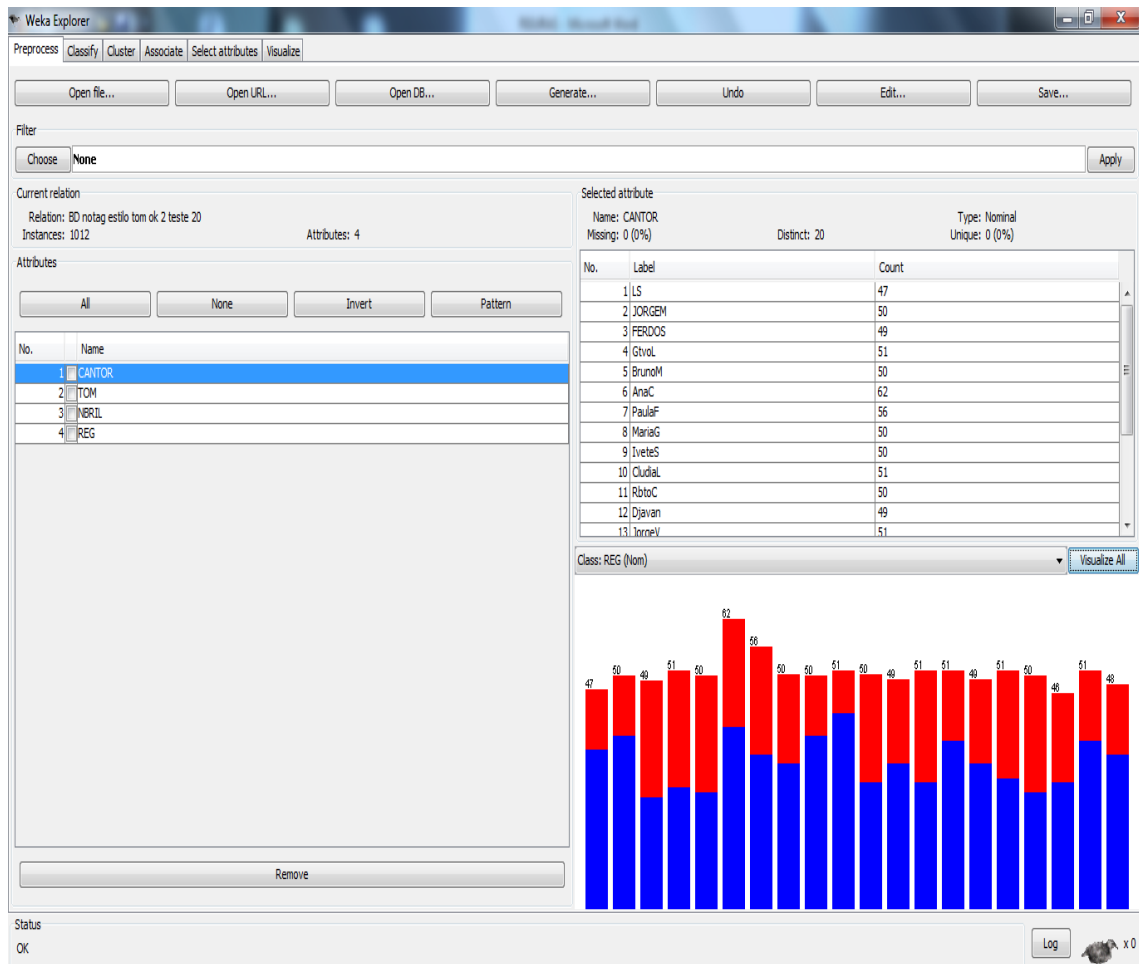


Figura 10 - Estatística da Região brilhante dos cantores apresentado pelo WEKA.

A Figura 10 expressa através da tela da ferramenta *WEKA*, o comportamento da Região brilhante dos 20 cantores selecionados nas pesquisas

realizadas, verifica-se pela coloração mais escura um índice de confiança, suficientemente alto para cada cantor.

O algoritmo *Apriori* apresenta em suas regras um índice de confiança acima de 0,6 para a afirmação dos conceitos da região brilhante. A Figura 11 apresenta as regras que apontam a região brilhante dos cantores.

```
Best rules found:

1. NBRIL=D3 49 ==> REG=F 45 <conf:(0.92)> lift:(2.43) lev:(0.03) [26] conv:(6.09)
2. TOM=A NBRIL=E3 37 ==> REG=D 33 <conf:(0.89)> lift:(1.43) lev:(0.01) [10] conv:(2.8)
3. NBRIL=E3 124 ==> REG=D 110 <conf:(0.89)> lift:(1.43) lev:(0.03) [32] conv:(3.13)
4. CANTOR=CludiaL 51 ==> REG=D 42 <conf:(0.82)> lift:(1.32) lev:(0.01) [10] conv:(1.93)
5. TOM=D NBRIL=A3 38 ==> REG=D 31 <conf:(0.82)> lift:(1.31) lev:(0.01) [7] conv:(1.8)
6. NBRIL=E4 56 ==> REG=D 43 <conf:(0.77)> lift:(1.24) lev:(0.01) [8] conv:(1.51)
7. NBRIL=G#3 73 ==> REG=D 55 <conf:(0.75)> lift:(1.21) lev:(0.01) [9] conv:(1.45)
8. NBRIL=A3 150 ==> REG=D 113 <conf:(0.75)> lift:(1.21) lev:(0.02) [19] conv:(1.49)
9. TOM=C NBRIL=G3 43 ==> REG=D 32 <conf:(0.74)> lift:(1.2) lev:(0.01) [5] conv:(1.36)
10. CANTOR=JORGEM 50 ==> REG=D 37 <conf:(0.74)> lift:(1.19) lev:(0.01) [5] conv:(1.35)
11. CANTOR=IveteS 50 ==> REG=D 37 <conf:(0.74)> lift:(1.19) lev:(0.01) [5] conv:(1.35)
12. TOM=C 119 ==> REG=D 88 <conf:(0.74)> lift:(1.19) lev:(0.01) [14] conv:(1.41)
13. CANTOR=LS 47 ==> REG=D 34 <conf:(0.72)> lift:(1.16) lev:(0) [4] conv:(1.27)
14. TOM=B 55 ==> REG=D 39 <conf:(0.71)> lift:(1.14) lev:(0) [4] conv:(1.22)
15. CANTOR=Wando 51 ==> REG=D 36 <conf:(0.71)> lift:(1.14) lev:(0) [4] conv:(1.21)
16. CANTOR=MriaC 51 ==> REG=D 36 <conf:(0.71)> lift:(1.14) lev:(0) [4] conv:(1.21)
17. CANTOR=Celine 48 ==> REG=D 33 <conf:(0.69)> lift:(1.11) lev:(0) [3] conv:(1.14)
18. NBRIL=G3 152 ==> REG=D 104 <conf:(0.68)> lift:(1.1) lev:(0.01) [9] conv:(1.17)
19. TOM=G NBRIL=G3 51 ==> REG=D 34 <conf:(0.67)> lift:(1.07) lev:(0) [2] conv:(1.07)
20. CANTOR=Djavan 49 ==> REG=D 31 <conf:(0.63)> lift:(1.02) lev:(0) [0] conv:(0.98)
21. CANTOR=FabioJ 49 ==> REG=D 31 <conf:(0.63)> lift:(1.02) lev:(0) [0] conv:(0.98)
22. CANTOR=AnaC 62 ==> REG=D 39 <conf:(0.63)> lift:(1.01) lev:(0) [0] conv:(0.98)
23. TOM=E 96 ==> REG=D 60 <conf:(0.63)> lift:(1.01) lev:(0) [0] conv:(0.98)
24. TOM=G 132 ==> REG=D 82 <conf:(0.62)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0.98)
25. CANTOR=MariaG 50 ==> REG=D 31 <conf:(0.62)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0.95)
```

Figura 11 - Região brilhante (REG) destacadas pelas regras do Algoritmo *Apriori*.

A Figura 11 apresenta as regras de Agrupamento como as de número 4, 10, 11,13,15,16,17,20, 21, 25, que apontam os cantores e os registros de suas notas brilhantes agrupadas em uma região brilhante (REG=D), que consiste em notas posicionadas acima ou abaixo no intervalo de um semitom da nota brilhante sugerida.

Algumas regras como :

- Se a Cantora é a Cláudia Leite as notas brilhantes de suas canções estão dentro de uma região agrupadas em um índice de confiança de 0,82;
- Se o Cantor é o Jorge da dupla Jorge e Mateus as notas brilhantes de suas canções estão dentro de uma região agrupadas em um índice de confiança de 0,74;
- Se a Cantora é a Ivete Sangalo as notas brilhantes de suas canções estão dentro de uma região agrupadas em um índice de confiança de 0,74;
- Se o Cantor é Luan Santana as notas brilhantes de suas canções estão dentro de uma região agrupadas em um índice de confiança de 0,72;
- Se o Cantor é Wando as notas brilhantes de suas canções estão dentro de uma região agrupadas em um índice de confiança de 0,71;

Essas são algumas regras com confiança alta acima de 0,7 que demonstram uma grande incidência de notas brilhantes dos cantores em uma referida região de notas compreendida de seu semitom superior e seu semitom inferior.

APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS OBTIDOS

Durante o ano de 2011 foi realizado um trabalho intenso com três (03) grupos distintos em suas características e finalidade em ambientes diferenciados. O trabalho constou de prática musical com testes de extensão vocal utilizando métodos de vocalizes aplicados a três (03) grupos divididos por idade e/ou sexo, conforme observado no Quadro 6, formados, em maior parte, por pessoas leigas, afeiçoadas à música.

Os grupos foram observados e trabalhados musicalmente em ambiente escolar e também em instituições religiosas, com enfoque expressivo na prática de canto individual e coletivo. O trabalho de classificação vocal demanda tempo e conhecimento, uma vez que a voz não pode ser classificada em apenas um encontro. Vale ressaltar que esses grupos foram formados e trabalhados especificamente para o desenvolvimento deste estudo e com exceção do grupo infantil, os outros dois grupos continuam desenvolvendo um trabalho vocal. Os testes continuam sendo aplicados com esses grupos, porque, com o exercício continuado dos vocalizes, as vozes vão se transformando, aumentando sua extensão e aprimorando suas características.

A ordem dos exercícios de técnica vocal constou de um tempo de exercícios de relaxamento, respiração e conscientização da própria voz, seguidos de exercícios de impostação, dicção, afinação, ampliação da tessitura, articulação do som e vocalizes com nomes de notas e vogais. O ato de cantar sobre uma ou mais vogais com diversas linhas melódicas chama-se *vocalize*. Normalmente essas melodias são arranjadas como uma prática didática que oferece aperfeiçoamento específico. Sobre a importância dos vocalizes, a autora e professora de canto Babaya (2007) afirma:

Sua finalidade é colocar o aparelho fonador na máxima condição de flexibilidade, obtendo assim uma perfeita emissão vocal, um timbre agradável, extensão apropriada às condições físicas de cada indivíduo. Deve ser executado em todas as vogais, em todas as velocidades, em todos os registros, em todas as intensidades e em toda extensão vocal (BABAYA, 2007, p. 5).

Ainda segundo Babaya (2007) os vocalizes auxiliam no condicionamento muscular da laringe e favorece maior resistência vocal. Os vocalizes aplicados no trabalho técnico vocal possibilitaram fazer um mapeamento do grupo com relação a algumas questões musicais como classificação das vozes, capacidade de cantar em uníssono ou em mais vozes, capacidade de cantar em quais tonalidades, identificação da tessitura e timbre, caracterizando os cantores e agrupando-os quanto aos registros que suas vozes apresentaram. As Figuras de 12 a 16, apresentam alguns vocalizes aplicados durante os testes de classificação vocal, comuns a todos os grupos.

Na Figura 12 é apresentado um exemplo de vocalize, utilizado como aquecimento vocal para o teste de classificação vocal.

Exercício 1 – com o fonema do “j”, não ultrapassando o limite de uma oitava; indicado para aquecimento vocal.



Figura 12 - Exercício de vocalize para aquecimento vocal.

Na Figura 13 é apresentado um exemplo de vocalize utilizado nos testes para aprimoramento da afinação dos intérpretes.

Exercício 2 – *Boca Chiusa* - termo italiano que significa boca fechada; exercício realizado com um som nasal tipo “am” ou “um”, imitando o gesto do bocejo com a boca totalmente fechada; não trabalha grave nem agudo, só o registro médio da voz; indicado para os momentos iniciais dos testes, para aquecimento e progressão.



Figura 13 - Exercício de vocalize para aquecimento e progressão vocal.

No exercício da Figuras 14 é apresentada uma vocalize que ajudará na identificação da extensão vocal.

Exercício 3 – Escala indo da região média até a nota de passagem do cantor para a próxima oitava, este exercício avalia a extensão da voz e trabalha a ressonância.

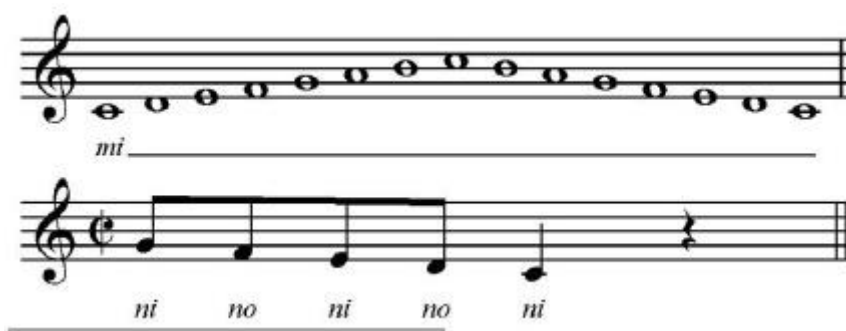


Figura 14 – Exercício de vocalize para ressonância e avaliação da extensão vocal.

Na Figura 15 é apresentado exercícios de vocalize que ajudará na identificação da região brilhante do cantor.

Exercício 4 – O Fonema “Nau” - trabalha a extensão do cantor podendo explorar as notas mais brilhantes ou agudas, de acordo com o limite de cada um; exercício indicado para iniciantes no canto.



Figura 15 – Exercício para avaliação da extensão vocal trabalhando os limites agudos.

Na Figura 16 são apresentados outros exercícios que ajudam na classificação das notas agudas e brilhantes.

Exercício 5 – Escala de 9ª - trabalha afinação, agilidade e agudo; exercício indicado para veteranos no canto.



Figura 16 – Exercício para afinação, agilidade e limites agudos.

Diante desses exercícios pode-se ver que é possível utilizar os vocalizes para trabalhar aspectos específicos do canto como ressonância, agilidade, extensão vocal e respiração. Tais aspectos, explorados de forma didaticamente combinada, levam o cantor ao reconhecimento da própria voz e suas potencialidades, além de possibilitar que essa voz seja classificada e o perfil desse cantor ou grupo seja traçado.

Além das contribuições dos exercícios para a classificação vocal, esse trabalho de reconhecimento inicial apontou também aspectos práticos do canto, cuja percepção é relevante para caracterizar estilo e perfil musical.

Conforme o Quadro 8 apresenta, a nota predominante registrada nas apresentações foi também a nota mais brilhante executada, sem deformidade na emissão do som, tanto em desempenho individual como em grupo.

Quadro 8 – Identificação das notas mais brilhantes predominantes em diversos perfis de Grupos musicais.

Grupos Musicais	Faixa etária	Quantidade de pessoas	Nota mais brilhante predominante
Coro Misto Masculino e Feminino	18 a 40 anos	35	(Re3) (Re4)
Coro Infantil	6 a 12 anos	20	La3
Coro Feminino de Terceira Idade	60 anos em diante	25	Si3

O Coro Misto Masculino e Feminino, com aproximadamente trinta e cinco (35) vozes, pertence a uma instituição religiosa e interpreta diversos estilos musicais. Em testes de extensão vocal com vocalize, obteve uma média de 75% dos cantores com registro da nota Re3 e Re4, como sendo suas notas mais brilhantes e com boa execução. Conforme Vargas *et. al.* (2005) em estudo realizado com vozes entre 20 e 40 anos as notas Re3 para homens e Re4 para as mulheres são os registros mais comuns para as notas brilhantes. A Figura 17 descreve pelo gráfico o desempenho dos componentes do Coro Misto.

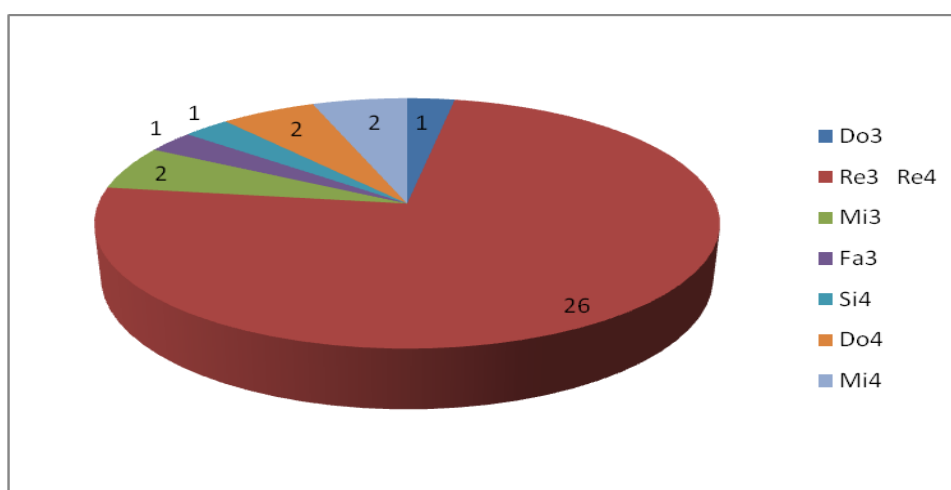


Figura 17 – Gráfico demonstrativo do desempenho das notas brilhantes executadas pelo coro misto, com 26 componentes apresentando a nota Re3 e Re4.

No Grupo Infantil também foram realizados testes vocais com os exercícios de vocalizes, respeitando as características da voz infantil e foi perceptível a melhora na sonoridade após cada treinamento. Canções de domínio público, com teor infantil, foram selecionadas como apoio didático e recurso lúdico na aplicação dos testes. Verificou-se que as vozes das crianças na idade observada entre 6 a 12 anos, possuem um registro bem semelhante e apresentam entre si uma extensão vocal bem parecida, podendo-se destacar a nota La3 como a mais brilhante e executada com boa qualidade, tanto por meninos quanto por meninas. No Grupo Feminino de Terceira Idade, verificou-se que 80% das mulheres apresentaram um bom registro vocal através dos testes de vocalizes, atingindo a nota Si3 como nota mais brilhante, com boa execução.

O conhecimento extraído das regras geradas pelo algoritmo *Apriori* na observação anterior de cantores e cantoras de estilos musicalmente diferenciados, associado aos resultados obtidos no estudo de campo, possibilitou verificar que a nota mais brilhante executada por cantoras brasileiras e por crianças está na mesma região da nota brilhante alcançada nas músicas do estilo sertanejo, que é a Sol3. Essa percepção é, provavelmente, um dos fatores que levam à rápida divulgação e aceitação do estilo sertanejo no mercado musical brasileiro e até internacional.

Através da mineração de dados foram extraídos conhecimentos e regras que serviram de parâmetro e referência na identificação das características das vozes analisadas nos estilos musicais abordados. Esses conhecimentos e regras

foram utilizados na pesquisa de campo, quando os grupos vocais foram trabalhados no sentido de terem o seu perfil traçado e, conseqüentemente, encontrarem o tom mais adequado para a execução de uma determinada música, em função da tabela das Escalas Diatônicas. O Quadro 9 apresenta o método de ajuste de tonalidade através do qual um grupo feminino de terceira idade, compreendendo a faixa etária a partir de 50 anos, pode ser trabalhado no sentido de identificar o tom em que uma determinada música poderia ser executada. A música em questão, “Amo Noite e Dia”, é do estilo Sertanejo Universitário da MPB e a interpretação é da dupla Jorge e Mateus. Sabe-se, pela pesquisa em site de busca e pela avaliação, que o tom em que a música foi gravada é Mi Maior e que a nota mais brilhante é Sol#3 com função de “3” na escala dos graus deste tom, e que esta nota esteve presente pelo menos 3 vezes no refrão.

Quadro 9 - Destaque da música “Amo Noite e Dia” para posterior análise.

Cantor	Música	Tonalidade	Nota mais brilhante/ Função na escala	Nota mais Incidente
Luan Santana	Meteoro	La Maior	<u>Fa#3 / “6”</u>	La (11)
Bruno e Marrone	Por te amar demais	Do Maior	<u>Sol3 / “5”</u>	Do3 (4)
Jorge e Mateus	Amo Noite e Dia	Mi Maior	<u>Sol#3 / “3”</u>	<u>Mi3 (13)</u>
Fernando e Sorocaba	Teus Segredos	Re Maior	<u>Sol3 / “4”</u>	Re3 (9)
João Bosco e Vinícius	Chora, me Liga	Do Maior	<u>Sol3 / “5”</u>	Do3 (11)

O perfil desse grupo em testes de extensão vocal tem por nota mais brilhante a Si3, conforme o quadro que indica as características dos grupos que foram analisados e apresentados anteriormente. Com os dados coletados, foram obtidas informações suficientes para encontrar um tom ideal para que o grupo de mulheres em questão interprete a referida música.

O Quadro 9 destaca em itálico o tom original da música. Percorrendo a coluna da função diatônica 3, em posição vertical, encontramos a nota Si3, que é a

nota referência do grupo feminino da terceira idade. Agora é só identificar pela mesma linha sublinhada o tom adequado ao perfil, que será o de Sol maior.

Quadro 8 - Indicação da tonalidade adequada para o grupo da terceira idade.

TONALIDADE/ FUNÇÃO DIATÔNICA	1	2	<u>3</u>	4	5	6	7
Do Maior	Do	Re	<u>Mi</u>	Fá	Sol	La	Si
Re Maior	Re	Mi	<u>Fá#</u>	Sol	La	Si	Do#
Mi Maior	<u>Mi</u>	<u>Fá#</u>	<u>Sol#</u>	<u>La</u>	<u>Si</u>	<u>Do#</u>	<u>Re#</u>
Fá Maior	Fá	Sol	<u>La</u>	Sib	Do	Re	Mi
Sol Maior	<u>Sol</u>	<u>La</u>	<u>Si</u>	<u>Do</u>	<u>Re</u>	<u>Mi</u>	<u>Fá#</u>
La Maior	La	Si	<u>Do#</u>	Re	Mi	Fá#	Sol#
Si Maior	Si	Do#	<u>Re#</u>	Mi	Fá#	Sol #	La#
Re bemol	Reb	Mib	<u>Fá</u>	Sol	Láb	Sib	Do
Mi bemol	Mib	Fá	<u>Sol</u>	Láb	Sib	Do	Re
Sol bemol	Solb	Lab	<u>Sib</u>	Dob	Reb	Mib	Fá
La bemol	Lab	Sib	<u>Do</u>	Reb	Mib	Fá	Sol
Si bemol	Sib	Do	<u>Re</u>	Mib	Fá	Sol	La

Para a implementação do método de ajuste de tonalidade foram desenvolvidas duas aplicações utilizando o Excell. Na Figura 18 é apresentada a tela da aplicação para os leigos, quando se pretende descobrir a tonalidade já que os mesmos não conseguem determinar o grau da nota brilhante.

NOTA BRILHANTE D

TOM ORIGINAL C

PRETENDIDO B

GRAU II

ESCALA IDEAL A Maior

Figura 18 - Aplicação para Leigos para determinação do Tom Ideal.

A Figura 19 já apresenta uma aplicação para ser utilizado com músicos experientes, pois os mesmos já poderiam fornecer, por uma questão de percepção musical, a função do Grau na Escala Diatônica das notas brilhantes.

NOTA BRILHANTE	<input type="text" value="A"/>	A
FUNÇÃO - GRAU	<input type="text" value="VII"/>	VII
PRETENDIDO	<input type="text" value="Coro terceira idade misto - Dó4"/>	C
ESCALA ORIGINAL	A#	
ESCALA IDEAL	C#	

Figura 19 - Protótipo em Excel do software do método da tonalidade.

Protótipo do software que aplica o método desenvolvido nessa dissertação, esse aplicativo traz como resposta para o usuário o tom e a escala ideal que ele deverá utilizar, sugere vários perfis de cantores com diversas notas brilhantes e apresenta também sugestões de notas brilhantes características em diversos grupos musicais em diferentes faixas etárias. A proposta é que esse aplicativo seja disponível como link em sites de cifras.

Os conhecimentos adquiridos através do método descrito acima poderão ser utilizados como referência para aplicação em diferentes grupos musicais que tiverem características afins, sabendo-se que essa nota mais brilhante pode ter variação de cantor para cantor. Faz-se importante a realização de uma avaliação individual e isso se daria com os testes de vocalizes e extensão vocal para a identificação das notas mais brilhantes emitidas com boa qualidade. O procedimento é o mesmo para qualquer idade e ambos os sexos. A técnica utilizada pelo método sugerido neste trabalho é praticável para qualquer grupo.

Foi realizada uma avaliação do método apresentado com 3 cantores profissionais não citados no trabalho, a fim de verificar a viabilidade do método sugerido. Esses cantores, com perfis distintos, interpretaram 10 músicas avulsas. O Quadro 11 apresenta a percepção dos 3 cantores sobre essas músicas. Foram

verificadas antecipadamente as notas brilhantes de cada cantor através dos testes de vocalizes e em seguida os mesmos escolheram o tom mais adequado à sua voz, segundo sua região mais confortável.

Quadro 9 – Avaliação realizada com 10 cantores com perfis diferentes de nota brilhante (NB).

	Cantor 1 NB G#3	Cantor 2 NB B3	Cantor 3 NB D4
Música 1- GE 1º	Tom: A - R	Tom: B - OK	Tom: D - OK
Música 2- GE 2º	Tom: F# - OK	Tom: A - OK	Tom: C - OK
Música 3- GE 1º	Tom: G - R	Tom: A - F	Tom: C# - R
Música 4- GE 5º	Tom: C# - OK	Tom: E - OK	Tom: G - OK
Música 5- GE 1º	Tom: G# - OK	Tom: C - R	Tom: B - F
Música 6- GE 6º	Tom: D - F	Tom: D - OK	Tom: E - R
Música 7- GE 3º	Tom: E - OK	Tom: G - OK	Tom: A# - OK
Música 8- GE 1º	Tom: G# - OK	Tom: G# - F	Tom: D - OK
Música 9- GE 5º	Tom: C# - OK	Tom: F - R	Tom: A - OK
Música 10- GE 4º	Tom: D - R	Tom: F# - OK	Tom: A - OK

Observa-se que no quadro o “OK” é a indicação de que o tom escolhido pelo cantor para interpretação das músicas em diferentes graus de escala (GE) de notas brilhantes, corresponde exatamente ao tom que o método sugeriria; o “R” indica que o cantor apontou um tom que estaria dentro da sua região brilhante, um intervalo de no máximo um semitom acima ou abaixo da nota brilhante do que o sugerido pelo método; o “F” indica que o tom apontado pelo cantor seria distante mais de um semitom em relação ao que seria sugerido pelo método.

Com essa avaliação, verifica-se uma exatidão de mais de 60% no cantor 1 e com margem de erro de 10%. O cantor 2 apresenta também 60% de exatidão com uma margem de erro de 20% e o cantor 3 apresenta 70% de exatidão e 10% de erro. A Figura 20 expressa o bom rendimento do método apresentado nesse trabalho, apontando também a porcentagem de erro, cabendo ao cantor a escolha pelo tom mais adequado.

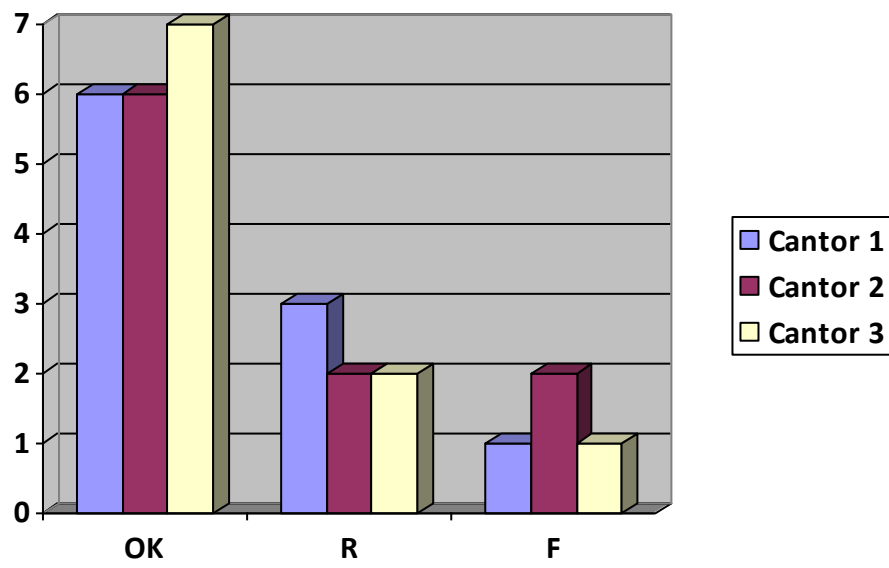


Figura 20 – Gráfico demonstrativo da boa avaliação do método apresentado nesse trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentada a relevância da aplicação de mineração de dados, ou seja, a importância da descoberta de conhecimento na área musical para apoiar músicos profissionais e leigos no ensino e prática do canto individual e coletivo.

Através do estudo realizado, verificou-se a importância de se ajustar a tonalidade musical para os diversos tipos de cantores quer seja leigos ou profissionais em seus diferentes estilos musicais, utilizando-se da aplicação deste método que possibilitará um melhor desempenho dos cantores e, conseqüentemente, melhor saúde vocal.

Na produção musical, onde se faz necessário arranjar músicas em diversos tons, a ferramenta *WEKA* é fundamental para encontrar conhecimentos nos dados armazenados a fim de usá-los na adequação da tonalidade à voz.

Várias regras de associação foram extraídas da base de dados. Seguem as principais:

- Se o estilo musical é Sertanejo e o intérprete é Masculino e se o tom é Sol maior ou Ré maior, então a nota brilhante é a nota G3;
- As notas brilhantes E3 e E4 são comuns para o estilo MPB Masculino e Feminino Internacional, se o tom é Lá Maior ou Mi Maior;
- Regras que sugerem uma região de notas brilhantes dos cantores que variam entre um semitom superior ou inferior da nota brilhante principal apontada;
- Várias Regras de classificação, como por exemplo:

- SE (Cantor = 'Fábio Jr') ENTÃO (Nota bril = 'E3');
- SE (Cantor = 'Paula F') ENTÃO (Nota bril = 'A3');

O estudo apresentado neste trabalho ajudará decisivamente na escolha dos tons adequados, que se fará após a pesquisa de extensão vocal do intérprete. A classificação da voz e a identificação da nota mais brilhante que o cantor consegue atingir, resultam de um estudo cuidadoso da capacidade da voz e das características que ela apresenta, um conhecimento importante para a escolha do melhor tom para este ou aquele intérprete e estilo musical. Sendo assim, é possível que o cantor execute qualquer música pretendida na sua região vocal de maior conforto e, conseqüentemente, de melhor sonoridade e beleza.

Respeitando as diferenças de perfil entre os grupos musicais, o método de ajuste de tonalidade possibilitou que músicas gravadas por cantores populares pudessem ser interpretadas por grupos de diferentes faixas etárias, sem grandes dificuldades, após a adequação da melhor tonalidade às características vocais.

Como proposta de utilização do método de ajuste de tonalidade, é válida a sugestão de sua inclusão nos sites de cifras, da seguinte forma: a informação ao lado do tom da música seria a indicação da nota mais brilhante, que viria associada à sua função na escala diatônica. Por exemplo, Tom A (La Maior); Nota Brilhante: E3/5.

Nesses sites de grande afluência popular, o método de ajuste de tonalidade viabilizaria informações que contribuiriam muito para adequar o tom à voz de quem quiser cantar, de forma profissional ou amadora, as músicas do artista de sua preferência.

TRABALHOS FUTUROS

Este estudo poderá ser expandido para outros estilos musicais, traçando o perfil de outros intérpretes após observação e identificação de suas características vocais, descobrindo a região das notas brilhantes e ajustando os cantores dentro da sua extensão vocal, visto que existem outros estilos além dos que foram abordados neste trabalho, e, cada um deles tem características peculiares, que vão desde um perfil equiparado de seus intérpretes quanto ao timbre e tessitura vocal, quanto a uma região de notas brilhantes, predominantes dentro de cada estilo. Também poderá ser expandido para outros Graus da escala, como o Grau menor, gerando um acréscimo significativo de possibilidades.

Uma outra vertente de trabalhos futuros é o aprimoramento dos aplicativos em Excel propostos neste trabalho, para que sejam disponibilizados aos usuários através de *pluguins* ou de aplicativos para sistema *android* para telefones celulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUNUR, O. J. **Matemática e Música: O Pensamento Analógico na Construção de Significado.** São Paulo: Escrituras, 1999.

AGRAWAL, R.; IMIELINSKI, T.; SWAMI, A. (1993): **Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases**, Proc. Of Int. Conf. ACM SIGMOD, Washington, USA, p. 207-216.

BABAYA. **A voz e o instrumento: apostila 2007: Babaya Escola de Canto. Exercícios de técnica vocal e seus fundamentos.** Belo Horizonte, MG: Babaya Escola de Canto, 2007.

BEHLAU, M.; FEIJÓ, D.; MADAZIO, G.; REHDER, M. I.; AZEVEDO, R.; FERREIRA, A. E. Voz profissional: aspectos gerais e atuação fonoaudiológica. In: BEHLAU, M. **Voz: o livro do especialista**, 2. Rio de Janeiro: Revinter, 2005, cap. 12, p. 287-372.

BEZZI, M. H.: **A técnica vocal.** Dissertação (Mestrado). Conservatório: Conservatório Brasileiro, Rio de Janeiro, 1984.

BOHUMIL, M.: **Temas da teoria musical numa linguagem Simples e objetiva.** Teoria da Música 4 ed.. Brasília, DF: Musimed, 2009.

CAMILO, C.O.; SILVA, J.C.; **Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas.** (Mestrado) - Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO, 2009.

CORTES, S.; PORCARO, R.; LIFSCHITZ, S.; **Mineração de dados: Funcionalidades, Técnicas e Abordagens.** Rio de Janeiro: PUC, 2002.

COIMBRA, C.; **A mudança da voz na puberdade.** Disponível em (<http://www.acesa.com/viver/arquivo/vida_saudavel/2003/08/15-Cal/>), acessado em Dezembro de 2012.

COSTA, P.JB.M.; FERREIRA, K.I.; CAMARGO, Z.A.; PINHO, S.M.R., **Extensão vocal de cantores de coros evangélicos amadores.** São Paulo: CEFAC, 2006.

CRUZ, T.L.B.; GAMA, A.C.C.; HANAYAMA, E.M.; **Análise da extensão e tessitura vocal do contratenor.** Belo Horizonte, MG: CEFAC, 2004.

DINVILLE, C.: **A técnica da voz cantada.** Rio de Janeiro: Enelivros, 1993.

ESPÍNDOLA, S.: **Conceitos de respiração fonação e Técnicas vocais aliados a exercícios: “Voz e Canto” Fisiologia e Arquitetura.** Jundiaí, SP: Editora, 2011.

FREITAS, A. A.: **Uma Introdução a Data Mining. Informática Brasileira em Análise.** CESAR – Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife. Ano II, n. 32, Recife, 2000.

FAYYAD, U. M.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P.; UTHURUSAMY, R.: **Advances in Knowledge Discovery & Data Mining.** Califórnia, USA: American Association for artificial intelligence, 1996. 611 fl.

MANSION, M.: **El estudio del canto.** Buenos Aires, Argentina: Ricordi Americana, 1947.

OLIVEIRA C.M.: **A relação entre música e fonoaudiologia, com ênfase no estilo gospel.** São Paulo: J BrasFonoaudiol, 2001

PRICE, E.: **Steinberg Cubase 5.** Califórnia, USA. Musician, July-August, 2009.

RIBEIRO, V.V.; SANTOS, A.B.; BONKI, E.; PRESTES, T.; DASSIE-LEITE, A.P.: **Identificação de Problemas vocais enfrentados por cantores de igreja.** Disponível (<<http://www.scielo.br/pdf/rcefac/v14n1/134-10.pdf>>), acessado em 10/12/2012.

SINZIG. P.: **Pelo mundo do Som: Dicionário Musical.** 2. ed. Petrópolis, RJ: Kosmos, 1976.

SMITH E, LEMKE J, TAYLOR M, KIRCHNER HL, HOFFMAN H.: **Freqüência de problemas de voz entre professores e outras ocupações.** Iowa, USA: J Voice. 1998.

TAN, P.; STEINBACH, M.; KUMAR, V.: **Introdução ao DATAMINING: Mineração de Dados.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009. 900 p.

VARGAS, A. C.; Gomes, A.; HANAYAMA, E. M. **Perfil de extensão vocal em indivíduos falantes normais do Português brasileiro** Revista CEFAC, vol. 7, núm. 1, janeiro - março, São Paulo, SP. 2005, p. 108-116.

VIANA, L. : **Curso de Fisiologia da voz.** Maio de 2012 disponível em (<http://www.musicaeadoracao.com.br/tecnicos/tecnica_vocal/curso_fisiologia/curso_fisiologia_04.htmB>). Acessado em. 15/maio/2012.

VIEIRA, N. M.: **Uma introdução à acústica da voz cantata.** I seminário de Música Ciência Tecnologia: Acústica Musical. BH 2011, disponível em (<http://www.gsd.ime.usp.br/acmus/publi/textos/05_vieira.pdf>) acessado em 15/Junho/ 2012.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. 2. ed : **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.** San Francisco, USA: Morgan Kaufmann, 2005.