

Uma Análise de Soluções para Busca de Dados Musicais

Gisele Bernardes da Silva¹, Ronaldo dos Santos Mello²

¹WineDirect

Vancouver – British Columbia – Canada

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

88.040-900 – Florianópolis – SC

giiselebernardes@gmail.com, r.mello@ufsc.br

Abstract. *The representation of music data and the construction of musical processing and querying systems is aggravated by the need to develop systems as much compatible as possible to the visions or desires of the users. This work's contribution is a study on retrieval of musical information that aids future development of solutions for searching musical data. We analyze solutions that do not only search for musical data through direct match of input parameters, such as keywords or an audio with part of the song, but also by approximate search for these parameters.*

Resumo. *A representação de dados musicais e a construção de sistemas de processamento e recuperação musicais agrava-se com a necessidade de desenvolvimento de sistemas os mais compatíveis possíveis com as visões ou desejos dos usuários. Este trabalho contribui com um estudo sobre recuperação da informação musical que auxilia no desenvolvimento futuro de soluções para busca de dados musicais. Analisa-se soluções que não apenas buscam dados musicais através do casamento direto de parâmetros de entrada, como palavras-chave ou um áudio com parte da música, mas também através da busca por similaridade destes parâmetros.*

1. Introdução

Nós ouvimos uma variedade de sons a todo momento e vivemos toda a nossa vida rodeados por eles. A música é um desses tipos de som. O som é a variação da pressão do ar [Muller 2007]. Assim sendo, a forma de produzir um determinado som depende da maneira como a pressão do ar varia. Representar o som numericamente é chamado de *digitalização*, ou seja, representa-se uma onda sonora (áudio analógico) em código binário. É um processo onde o som é amostrado, quantificado e, por fim, codificado, ou seja, transformado em áudio digital [Zuben 2004].

Um áudio digital com dados musicais geralmente possui diversos metadados além do som digitalizado. Isso está relacionado às especificidades de comportamento na sua produção, objetivação e uso, pois a manifestação da música é carregada de características próprias. Portanto, a compreensão completa da música está diretamente ligada ao reconhecimento do contexto histórico e social de sua origem, com a interpretação pessoal e individual do ouvinte, e com os aspectos sonoros que a constituem. Dessa forma, a música tem diferentes significações para cada indivíduo [Michels 1992]. Assim, a música é uma

expressão humana construída socialmente e objetivada através de sua comunicação oral, registro sonoro ou representação gráfica [de Barros 2012].

Com a Internet, a música ultrapassa os limites físicos da mídia, mergulhando no universo digital. Ela passa a circular livremente pela rede mundial de computadores através do *streaming* e a popularização de aplicativos que oferecem milhões de músicas a seus usuários. Desta forma, a organização de dados musicais, que inclui a sua representação, tem a principal finalidade de possibilitar a recuperação dessa informação, além da sua guarda para a posteridade. A busca por dados musicais está inserida dentro de um tema de estudos denominado *Recuperação de Informação Musical (RIM)* [Futrelle and Downie 2002]. Sua produção se intensificou com a explosão do interesse em coleções de obras musicais na forma digital, possibilitadas pelo desenvolvimento da compressão de áudio. A área de RIM conta com profissionais das mais diversas áreas incluídas na questão do tratamento e recuperação da informação musical, mas não apresenta uma ação interdisciplinar, o que prejudica o processo de comunicação científica. A literatura de RIM é difícil de ser localizada, lida e estudada, o que dificulta construir e sustentar uma área de pesquisa próspera [Santini and de Souza 2007].

Nesse contexto, este artigo reúne informações com o propósito de contribuir com futuros trabalhos que desejam desenvolver soluções para a busca de dados musicais. A intenção é analisar soluções que não necessariamente buscam dados musicais apenas através do casamento direto de parâmetros de entrada para a busca, como título da música, palavras-chave ou um áudio com parte da música, mas também através do casamento aproximado (ou por similaridade) destes parâmetros. Além disso, a pesquisa aqui realizada apresenta o estado da arte sobre a recuperação da informação de dados musicais e os principais métodos e algoritmos utilizados para tal busca. Não foi encontrada na literatura análise similar à proposta por este artigo, que considera soluções tanto comerciais quanto acadêmicas, além dos critérios de comparação adotados.

Este artigo está organizado em mais três seções. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica para a compreensão deste trabalho. A Seção 3 apresenta e compara soluções comerciais e acadêmicas. Por fim, a Seção 4 é dedicada à conclusão.

2. Fundamentação Teórica

Um dado musical é persistido geralmente como um arquivo com mantém a digitalização do som produzido pela música, além de um conjunto de metadados referentes a essa música que pode ser armazenado como parte desse arquivo de áudio digital ou mantido separadamente [Miletto et al. 2004]. A recomendação de metadados mais comum para áudios digitais é a ID3¹, sendo composta por título, artista, álbum, ano, comentário, gênero, compositores, letra da música e capa do álbum.

RIM é uma área de pesquisa que visa desenvolver formas de gestão de dados musicais [Futrelle and Downie 2002]. Ela se justifica pelo crescente interesse em coleções de obras musicais na forma digital disponíveis na Internet e facilitadas pelo uso de técnicas de compressão de áudio [Gomes 2015]. Um sistema RIM atua como um ambiente mediador da comunicação entre as necessidades informacionais dos usuários e o conjunto de arquivos de áudio. Dependendo do sistema, diferentes formas de representação interna

¹<http://id3.org/>

do dado digital e da expressão de busca podem ser implementadas, utilizando uma grande variedade de métodos. Alguns deles são detalhados a seguir.

Fingerprint (FP) é uma assinatura única de uma música, contendo um sumário de suas características que resume uma gravação de áudio. Ela pode ser usada para identificar uma amostra ou localizar rapidamente itens semelhantes em um banco de dados (BD) musical independente do nível de compressão, distorção ou interferência no canal de transmissão [Cano et al. 2005]. Alguns algoritmos são utilizados para medir a similaridade do conteúdo contido em um *fingerprint*, como por exemplo: (i) *K-Nearest Neighbors (K-NN)* (classificação do vizinho mais próximo usando uma estimativa de entropia cruzada); (ii) *Distância Euclidiana*, ou versões modificadas que lidam com sequências de ondas de diferentes comprimentos; e (iii) *Distância Manhattan* (quantização de sequências).

Métodos baseados em IA também são empregados, com destaque para a *Classificação*, que é a tarefa de aprender uma função alvo f que mapeia cada conjunto de atributos x para um dos rótulos de classes y pré-determinados. Ela pode servir como ferramenta explicativa para organizar objetos em determinadas classes, como por exemplo, explicar quais características definem uma música como Pop, Rock ou Jazz. Além do K-NN, outros métodos são árvores de decisão, redes neurais, redes Bayesianas e SVN.

Outra métrica de similaridade entre músicas aplicada a séries temporais é o *Dynamic Time Warping (DTW)*. Ele procura um caminho mínimo entre duas séries que respeite algumas restrições, como iniciar e terminar nas mesmas posições no espaço, percorrer índices adjacentes e percorrer espaçamentos iguais no tempo [Keogh and Ratanamahatana 2004].

A tarefa de busca de dados a partir de um trecho de música cantada ou cantolada pelo usuário é denominada *query by humming (QBH)*. O BD de um sistema QBH é frequentemente construído a partir da transposição de músicas *MIDI* (padrão para codificação numérica do som) para o formato de representação musical adotado pelo sistema, como *MPEG*, *Wave* e *AIFF* [Miletto et al. 2004]. Ao receber um trecho de música (consulta), um sistema QBH analisa a similaridade entre as músicas no seu repositório e a consulta por meio do DTW, gerando um resultado ranqueado. Além do QBH, a consulta textual a dados musicais também utiliza a tradicional *recuperação por conteúdo (RPC)*, que é aplicada em buscas aproximadas em BDs. Esse método considera metadados, como título, álbum e gênero da música, extraídos dos dados musicais para representar e indexar as informações embutidas nos áudios digitais. O conjunto de metadados extraídos é chamado de *vetor de características* [Tzanetakis et al. 2002]. Comparações por similaridade consideram então a proximidade entre esses vetores.

Ainda, o *Spectral Modeling Synthesis (SMS)* é uma abordagem de modelagem acústica para voz e outros sinais musicais [Serra and Smith 1990]. Ela considera os sons como uma combinação de conteúdo harmônico e conteúdo de ruído. Os componentes harmônicos são identificados com base em picos no espectro de frequência do sinal. O sinal que permanece após a remoção dos componentes espectrais, por vezes referido como residual, é modelado como ruído branco passado através de um filtro que varia no tempo. A saída do modelo, então, são as frequências e níveis dos componentes harmônicos detectados e os coeficientes do filtro que variam no tempo. O SMS fornece transformações gerais de alta qualidade para uma ampla variedade de sinais musicais, sendo útil para

recuperar dados sonoros com maior acurácia.

Por fim, a *visualização* de dados musicais é a exibição na forma de um gráfico ou tabela. A sua principal motivação é que pessoas podem absorver rapidamente grandes quantidades de informações visuais e encontrar padrões [Tan et al. 2009]. Uma técnica utilizada por uma das soluções acadêmicas é a *Self-Organizing Map* (SOM). A SOM é uma rede neural treinada usando aprendizagem não supervisionada para produzir uma representação de baixa dimensionalidade (tipicamente bidimensional) chamado de mapa. Uma derivação desta técnica é a *Emergent SOM (ESOM)*, um mapa topográfico para visualizar conjuntos de dados esparsos e de alta dimensão, produzindo uma visão intuitiva de sua estrutura. De uma coleção de músicas é extraído um mapa topográfico a partir de uma característica da música (por exemplo, gênero), onde pontos de mesma cor são similares.

3. Análise de Soluções Existentes

Esta seção compara soluções comerciais e acadêmicas voltadas à busca de dados musicais. As soluções comerciais consideradas foram as mais populares localizadas através de pesquisas por aplicativos musicais na Internet. As propostas acadêmicas foram extraídas por uma revisão sistemática com ênfase nos termos "*music*", "*retrieval*" e "*search*".

Os critérios de análise das soluções foram definidos com base conceitos e práticas da literatura: atributos de qualidade internos, externos e de uso de produtos de software [Wazlawick 2012], bem como populares heurísticas de usabilidade². Estes critérios visam facilitar a escolha da solução mais apropriada para uma determinada situação. Os critérios e subcritérios considerados são os seguintes:

- *Eficiência*: otimização do uso de recursos de tempo e espaço. Os subcritérios são: (i) *Comportamento em relação ao tempo*; (ii) *Utilização de recursos* (complexidade dos algoritmos utilizados para RIM); (iii) *Bitrate* (qualidade do áudio, ou seja, número médio de bits comprimido em um segundo de dados);
- *Adequação Funcional*: a solução satisfaz necessidades estabelecidas quando usada sob condições específicas. Os subcritérios são: (i) *Disponibilidade em diferentes plataformas*; (ii) *Modelo de desenvolvimento* (código aberto ou não); (iii) *Integrações* (permite extensões e/ou integrações com outras soluções); (iv) *Acessibilidade* (acesso ao acervo de músicas on-line e/ou off-line); (v) *Busca de dados* (*matching* exato (EX) ou aproximado (AP)); (vi) *Inclusão da dados* (permite o cadastro de músicas produzidas pelo usuário); (vii) *Modelo de pagamento* (por exemplo: *Gratuito*, *Pago* ou *Freemium*);
- *Usabilidade*: a solução é atraente ao usuário quando usada sob condições específicas. Os subcritérios são: (i) *Visibilidade do status do sistema* (manter o usuário informado sobre o que está acontecendo); (ii) *Prevenção de erros* (mensagens claras e objetivas, com sugestão de solução); (iii) *Flexibilidade e eficiência de uso* (permitir configuração de ações frequentes. Por exemplo, as funções mais utilizadas são facilmente acessadas?); (iv) *Estética e Design minimalista*; (v) *Pouca interação homem/dispositivo*.

As próximas seções detalham a análise realizada.

²<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

3.1. Soluções Comerciais

Nove soluções comerciais foram analisadas: *Shazam*³, *Deezer*⁴, *Spotify*⁵, *SoundCloud*⁶, *Musixmatch*⁷, *musicID*⁸, *SoundHound*⁹, *ACRCloud*¹⁰ e *Musipedia*¹¹. Elas variam de aplicativos para *smartphones/tablets* até plataformas para gerência de dados musicais. A exceção é a *Musipedia*, uma enciclopédia aberta de música. As cinco primeiras soluções fazem buscas *EX* de música através de RPC ou de uma parte do áudio original. As outras quatro permitem buscas *AP* a partir do áudio original, do canto ou do cantarolar.

Em relação ao critério *Eficiência* (Tabela 1), foi analisado o tempo gasto para o reconhecimento/busca de músicas. Os testes foram realizados usando conexão de Internet Wi-Fi e dados móveis (4G). Com um *smartphone* e um cronômetro, foram feitas 5 execuções em cada solução com músicas diferentes e calculada a média dos tempos.

Tabela 1. Análise das soluções comerciais: Critério de Eficiência

CRITÉRIOS	Eficiência			
	Comportamento em relação ao tempo	Utilização de recursos	Bitrate	
C	MusicID	Até 8s	FP	Até 128kbps
O	Shazam	Até 8s	FP	-
M	SoundHound	Até 5s	IA	-
E	Deezer	Até 10s	RPC e FP	Até 320kbps
R	Spotify	Até 30s	RPC	Até 320kbps
C	SoundCloud	Até 30s	RPC	Até 128kbps
I	Musixmatch	Até 13s	RPC e FP	-
A	ACRCloud	Até 5s	FP	-
L	Musipedia	-	-	-

Para as soluções EX que utilizam RPC foi testada a busca de músicas por filtro de metadados (título, álbum ou gênero). Neste caso, a busca demorou até 30s para retornar uma amostra de resultados. Para as soluções EX que utilizam FP, foi testada a busca através da informação de uma parte de áudio original. Já para soluções AP foi testada a busca através da informação de uma parte de áudio original, do canto ou do cantarolar. Nesses dois últimos casos houve uma variação de 5s a 13s para retornar um resultado.

É possível verificar que tanto soluções EX quanto AP utilizam FP. Entretanto, a forma como foi desenvolvido o método é que gerou a vantagem competitiva dentre os concorrentes. O *SoundHound* afirma utilizar IA para o reconhecimento de músicas, porém não detalha o método empregado. Os usuários cantam e conforme a escolha da

³<https://www.shazam.com/>

⁴<https://www.deezer.com/>

⁵<https://www.spotify.com/>

⁶<https://soundcloud.com/>

⁷<http://about.musixmatch.com/>

⁸<http://www.gracenote.com/music/music-recognition/>

⁹<https://soundhound.com/>

¹⁰<https://www.acrcloud.com/>

¹¹<https://www.musipedia.org/>

música do resultado amostrado, a solução associa a cantoria àquela música. Quanto mais se cantar e recuperar as músicas "certas" para a cantoria, a taxa de acerto aumenta. Para o *Musipedia* não foi encontrada documentação sobre o método utilizado.

Apenas quatro soluções informam o *bitrate*. Bitrates de até 320kbps possuem uma qualidade aproximada à de um CD. Já bitrates de até 128kbps possuem uma qualidade mínima aceitável em termos de alta fidelidade do áudio.

Em relação ao critério de *Adequação Funcional* (Tabela 2), sete soluções são multiplataformas, sendo a maioria voltada para *smartphones* e duas de uso exclusivo via Web. A maioria também possui um modelo de desenvolvimento fechado (F), ou seja, seu código não pode ser alterado, mas disponibilizam APIs Web para a comunidade de desenvolvedores para que a solução possa ser incorporada a seus próprios sites e aplicações.

Tabela 2. Análise das soluções comerciais: Critério de Adequação Funcional

CRITÉRIOS	Adequação funcional						
	Disponibilidade	Modelo de desenv.	Integrações	Acessibilidade	Inclusão de dados	Modelo de Pagamento	
C O M E R C I A L	MusicID	iOS, Android	F	não	On	não	G
	Shazam	iOS, Android	F	Spotify, Google Music, Apple Music	On	não	G
	SoundHound	iOS, Android	F	Spotify, Youtube, Twitter	On	não	F
	Deezer	iOS, Android, Windows, Web	F	Google Music, Twitter, Facebook	On/Off	não	F
	Spotify	iOS, Android, Windows, Web Linux, OS X	F	não	On/Off	não	F
	SoundCloud	iOS, Android	F	não	On	sim	F
	Musixmatch	iOS, Android	F	Spotify, Deezer, Google Music, Youtube, Twitter, Facebook, Last.fm	On	não	F
	ACRCloud	Web	F	Spotify, Deezer, Youtube, ISRC, UPC, LyricFind, Music Story, SyncPower	On	sim	P
Musipedia	Web	A	não	On	sim	G	

F:Fechado; A:Aberto; G: Gratuito; F:Freemium; P:Premium

Quanto à acessibilidade, todas precisam de conexão com a Internet e apenas duas oferecem acesso *offline*, que se dá através do *download* de músicas para a memória interna do dispositivo. Apenas três soluções permitem a inclusão de músicas criadas por usuários. As demais permitem a inclusão somente através de contatos com gravadoras e/ou artistas.

Com exceção do *ACRCloud*, todas as soluções possuem versões gratuitas para uso, com a possibilidade de pagar uma mensalidade e não ter interrupções e propagandas entre as músicas (P). Ainda, algumas soluções possuem integrações com outros serviços e/ou aplicações. Com o *Shazam*, por exemplo, é possível integrar-se ao *Spotify* e, então, ao encontrar uma música, poder ouvi-la por completo. O mesmo ocorre com o *Musixmatch*, além de ser possível o compartilhamento da sua pesquisa no Twitter e Facebook.

Com relação à *Usabilidade*, os testes consideraram uma adaptação do *MATCH Checklist*¹² disponibilizado pelo Grupo de Qualidade de Software (GQS) da UFSC, onde o conjunto de perguntas possui uma escala de resposta com 2 opções: *Sim* (a solução atende o objetivo) e *Não* (a solução não atende o objetivo). Cada solução possui particularidades que podem atrair ou afastar o usuário. Os testes foram realizados pelos autores deste artigo em um *smartphone* modelo *Asus Zenfone 4* com sistema operacional *Android*.

Com exceção do *Musipedia*, todas as soluções obtiveram *Sim* para todos os cinco subcritérios de Usabilidade. A navegação na *Musipedia* não é muito intuitiva, apresenta textos longos e não apresenta mensagens de erros claras e objetivas. Por esses motivos, ela recebeu *Não* em dois subcritérios: *Prevenção de erros* e *Estética e design minimalista*.

3.2. Soluções Acadêmicas

Seis soluções acadêmicas foram encontradas: *AMUSE* (*Advanced Music Explorer*) [Vatolkin et al. 2021], *Databionic MusicMiner* [Moerchen et al. 2005], *CLAM* (*C++ Library for Audio and Music*) [Amatriain 2007], *jMIR* (*Java MIR*) [McKay and Fujinaga 2009], *MIRtoolbox* [Lartillot et al. 2007] e *Tunebot* [Huq et al. 2010]. A grande maioria são *frameworks*.

Em relação ao critério de *Eficiência* (Tabela 3), foi possível avaliar o comportamento em relação ao tempo apenas do *Tunebot*. A música mais longa recebida possuía 48s e ele demorou cerca de 13s para retornar uma resposta. Também não foi encontrada documentação sobre o *bitrate* de transferência de músicas pelas soluções.

Tabela 3. Análise das soluções acadêmicas: Critério de Eficiência

CRITÉRIOS		Eficiência	
		Comportamento em relação ao tempo	Utilização de recursos
A	MusicMiner	-	C e V
	CLAM	-	SMS
C	MIRtoolbox	-	Diversas
A	AMUSE	-	C
D	Java MIR	-	C
	Tunebot	Até 13s	QBH

Legenda: C - Classificação; V - Visualização

A Tabela 4 compara as soluções em relação ao critério de *Adequação Funcional*. Somente os subcritérios que apresentam alguma variação são mostrados na tabela.

¹²<http://match.inf.ufsc.br>

Primeiramente, todas as soluções apresentam um modelo de desenvolvimento aberto, ou seja, seu código pode ser alterado por outros usuários, contribuindo para a resolução de problemas existentes nas aplicações. Além disso, todas permitem buscas AP e via RPC.

Tabela 4. Análise das soluções acadêmicas: Critério de Adequação Funcional

CRITÉRIOS		Adequação funcional		
		Disponibilidade	Integrações	Acessibilidade
A C A D Ê M I C O	MusicMiner	Linux, Mac OSX, Windows	não	Off
	CLAM	Linux, Mac OSX, Windows	não	Off
	MIRtoolbox	Linux, Mac OSX, Windows	não	Off
	AMUSE	-	MIRtoolbox	Off
	Java MIR	Linux, Mac OSX, Windows	não	Off
	Tunebot	Web, iOS	Karaokê Callout	On

Todas as soluções também permitem a inclusão de músicas criadas por usuários. Quanto à disponibilidade, com exceção do Tunebot, todas as soluções estão disponíveis para Linux, Mac OSX e Windows e seu acesso é *offline*, ou seja, é necessário o *download* e instalação do projeto no dispositivo de forma gratuita.

O AMUSE e o Tunebot são as duas soluções que possuem integração com outras aplicações. O AMUSE faz parte do rol de ferramentas do MIRtoolbox. Já o Tunebot tem integração com o *Karaoke Callout*, um jogo de karaokê para a plataforma iOS da Apple que permite aos usuários "tunebot" desafiarem uns aos outros para um duelo de canto [Shamma and Pardo 2006]. Ele ajuda a construir a base de músicas do Tunebot.

Como já mencionado, as soluções possuem acesso *offline*, ou seja, é necessário a instalação dos protótipos. Entretanto, houve muita dificuldade na instalação/configuração para uso dessas soluções em tempo. Desta forma, não foi possível analisar critérios de usabilidade e desempenho, o que poderia ter enriquecido ainda mais esta pesquisa.

3.3. Outras Considerações

Outras considerações de caráter mais geral sobre as soluções analisadas são aqui descritas. Soluções comerciais enfatizam usabilidade. Usuários não estão interessados em como as soluções funcionam, desejando apenas que a busca seja rápida e satisfaça os filtros.

Os testes de reconhecimento e busca de músicas, por metadados ou por som, demonstraram que as soluções atenderam bem a todas as funcionalidades oferecidas. Se o objetivo for o reconhecimento de músicas quando se tem apenas o áudio mas nenhum valor de metadado, o Shazam e o Deezer são boas escolhas. Porém, se é preciso cantar ou cantarolar, então o ideal é usar o SoundHound ou o MusicID. Já se o conhecimento da letra da música for necessário, pode-se usar o Musixmatch.

Se o objetivo for *playlists* e *download* de músicas, para não ter que se conectar à Internet, o Spotify ou o Deezer atendem a demanda. Já o Musipedia, em particular, é

uma solução para usuários músicos que compõem músicas através da codificação MIDI. Em relação ao tempo, o ideal é a conexão de Internet Wi-Fi. Nestas condições, todas as soluções, exceto o Musipedia, fazem o reconhecimento/busca de músicas no tempo mínimo de 5s. Nesse caso, saber o objetivo do usuário com relação à desempenho é imprescindível para a escolha de qual solução usar.

Pode-se concluir ainda que o método mais utilizado para o reconhecimento de músicas é o *FP*. Inclusive, o uso do serviço do ACRCLOUD tem sido incorporado em cada vez mais soluções para o reconhecimento das músicas, como é o caso do Musixmatch e do Deezer. Outro método bastante utilizado é o *RPC* para buscas exatas, onde é feita a correspondência de texto do metadado para identificar arquivos de música digital.

Com relação às soluções acadêmicas, elas enfatizam otimização no reconhecimento de músicas. O desenvolvimento delas visa trazer inovação na busca de dados musicais. As documentações existentes sugerem que o objetivo é validar uma determinada pesquisa, sendo após oferecida gratuitamente à comunidade para futuras pesquisas e aprimoramento da solução. Desta forma, a usabilidade nem sempre é o foco.

Todas as soluções suportam busca *AP* utilizando Classificação, são gratuitas e permitem a inclusão de dados musicais. A maioria é *offline* e disponível em diversas plataformas, e poucas oferecem integração com outras soluções que tocam músicas. Por outro lado, esforços de desenvolvimento estão sendo realizados, como é o caso do projeto AMUSE, que faz parte do rol de ferramentas do MIRtoolbox. Outro caso é o Tunebot, que possui uma versão beta para iOS, visando ajudar pesquisadores que utilizam *QBH*.

4. Conclusão

Este artigo analisa soluções comerciais e acadêmicas para a busca de dados musicais através do casamento direto de parâmetros de entrada para a busca, como título, palavras-chave ou um áudio com parte da música, ou casamento aproximado destes parâmetros. Seu objetivo principal é contribuir com futuros trabalhos que desejam desenvolver soluções para a busca de dados musicais.

Como trabalhos futuros, sugere-se a correta instalação dos protótipos das soluções acadêmicas para uma avaliação de desempenho e usabilidade. Outra sugestão é uma comparação dos métodos para RIM em termos de eficiência. Por fim, o desenvolvimento e avaliação de soluções para RIM poderia contar com a participação de mais mulheres no programa de mentoria WIMIR¹³, incluindo soluções para buscas *AP*.

Referências

- Amatriain, X. (2007). CLAM: A Framework for Audio and Music Application Development. *IEEE Software*, 24(1):82–85.
- Cano, P., Batlle, E., Kalker, T., and Haitsma, J. (2005). A Review of Audio Fingerprinting. *Journal of VLSI Signal Processing*, 41:271–284.
- de Barros, C. M. (2012). Representação da Informação Musical: Subsídios para Recuperação da Informação em Registros Sonoros e Partituras no Contexto Educacional e de Pesquisa. Dissertação de mestrado, UFSC.

¹³<https://wimir.wordpress.com/mentoring-program/>

- Futrelle, J. and Downie, J. S. (2002). Interdisciplinary Communities and Research Issues in Music Information Retrieval. In *Int. Society of Music Inf. Retrieval*, pages 1 – 7.
- Gomes, A. C. F. (2015). Representação da Informação Musical: Uma Análise a Luz dos Requisitos Funcionais para Dados de Autoridade. Graduação, UnB.
- Huq, A., Cartwright, M., and Pardo, B. (2010). Crowdsourcing a Real-world On-line Query by Humming System. In *Sound and Music Computing*, page 107–114.
- Keogh, E. and Ratanamahatana, C. A. (2004). Exact Indexing of Dynamic Time Warping. *Knowledge and Information Systems 7.3*, 7(10.1007/s10115-004-0154-9).
- Lartillot, O., Toivainen, P., and Eerola, T. (2007). A Matlab Toolbox for Music Information Retrieval. In *Data Analysis, Machine Learning and Applications - Gesellschaft für Klassifikation e.V., Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*, pages 261–268. Springer.
- McKay, C. and Fujinaga, I. (2009). jMIR: Tools for Automatic Music Classification. In *International Computer Music Conference, ICMC*. Michigan Publishing.
- Michels, U. (1992). *Atlas de Música*. Madrid: Alianza, 2 edition.
- Miletto, E. M. et al. (2004). Minicurso: Introdução a Computação Musical. In *Congresso Brasileiro de Computação*, number 4, pages 883 – 902.
- Moerchen, F. et al. (2005). MusicMiner: Visualizing Perceptual Distances of Music as Topographical Maps. Technical report, University of Marburg, Germany.
- Muller, M. (2007). *Information Retrieval for Music and Motion*. Springer.
- Santini, R. M. and de Souza, R. F. (2007). Recuperação da Informação de Música e a Ciência da Informação: Tendências e Desafios de Pesquisa. In *Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, pages 1 – 14.
- Serra, X. and Smith, J. (1990). Spectral Modeling Synthesis: A Sound Analysis/Synthesis Based on a Deterministic plus Stochastic Decomposition. *Computer Music Journal*, 14:12–24. SMS.
- Shamma, D. and Pardo, B. (2006). Karaoke Callout: Using Social and Collaborative Cell Phone Networking for New Entertainment Modalities and Data collection. In *ACM Multimedia Workshop on Audio and Music Computing for Multimedia*.
- Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. (2009). *Introdução ao Data Mining - Mineração de Dados*. Editora Ciência Moderna.
- Tzanetakis, G., Ermolinskiy, A., and Cook, P. R. (2002). Pitch Histograms in Audio and Symbolic Music Information Retrieval. *3rd International Symposium on Music Information Retrieval*, pages 31–38.
- Vatolkin, I., Ginsel, P., and Rudolph, G. (2021). Advancements in the Music Information Retrieval Framework AMUSE over the Last Decade. In *Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pages 2383–2389. ACM.
- Wazlawick, R. S. (2012). *Engenharia de Software para Sistemas de Informação: Conceitos e Práticas que Fazem Sentido*. UFSC, Florianópolis.
- Zuben, P. (2004). *Música e Tecnologia: O Som e Seus Novos Instrumentos*. Irmãos Vitale.