

**Centro de Informática  
UFPE  
Ciências da Computação**

**Rhythm Teacher:  
Plataforma colaborativa para ensinar solfejo rítmico.**

**Tomás Alves Spinelli**

**Recife  
2014  
Tomás Alves Spinelli**

**Rhythm Teacher:  
Plataforma colaborativa para ensinar solfejo rítmico.**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do grau de Bacharelado em Ciências da Computação da Centro de Informática.

Orientador: Geber Lisboa Ramalho

**Recife  
2014**

À minha família e amigos  
Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A

Prof. Geber Lisboa Ramalho

Pelas boas orientações e vontade de contribuir com o trabalho

Prof. Giordano Ribeiro Eulalio Cabral

Pelas boas orientações e envolvimento

## RESUMO

Este trabalho traz uma solução alternativa para aprender a ler partituras musicais. O estudo do solfejo é uma parte essencial para o entendimento da música, mas os métodos de ensino atuais se mostram pouco avaliativos no quesito prático. Propomos o Rhythm Teacher como solução para a estaticidade do estudo do solfejo, a solução aborda questões teóricas de uma forma prática, analisando se o aluno consegue ler a teoria e executar o compasso dos exercícios corretamente. O sistema transcreve sinais de áudio captados através do microfone para o formato MIDI, que permite uma grande flexibilidade e facilidade de processamento. Será explicado com detalhes a solução Rhythm Teacher e os resultados da implementação.

**Palavras-chave:** Rhythm Teacher, RtmT, MIDI, transcreve, ritmo, aprender, musica

## ABSTRACT

This work brings a workaround for learning to read music charts. The study of solfege is an essential part of music comprehension, but the current methods of teaching music are often weak in practical evaluative aspect. We propose Rhythm Teacher as a solution to the stateness of solfege study, the solution addresses theoretical issues in a practical way, analyzing whether the student can read the theory of compass and run the exercises correctly. The system transcribes Analogue signals received through the microphone to the MIDI format, which allows great flexibility and ease of processing. Will be explained in detail Rhythm Teacher solution and implementation results.

**Keywords:** Rhythm Teacher, RtmT, MIDI,transcription, learning, music

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo execução Phonascus	16
Figura 2 - Solfeggio Maestro 6	17
Figura 3 - GNU Solfege	18
Figura 4 - Drill Rhythm Dictator	19
Figura 5 - Interface RtmT	23
Figura 6 - Salvando e importando arquivos	25
Figura 7 - Sub sistema MIDI	26
Figura 8 - Exemplo de sinal de áudio	27
Figura 9 - Gráfico de entrada de som	28
Figura 10 - Gráfico para avaliar a execução do aluno	29
Figura 11 – Exemplo de lições do RtmT	28
Figura 12 - Pulsos e compassos.	31
Figura 13 - Exercícios do tópico1 ciclo básico	31
Figura 14 - Apresentando figuras rítmicas	32
Figura 15 - Hierarquia das figuras rítmicas	33
Figura 16 - Pausa das figuras rítmicas	33
Figura 17 - Formula de compasso	33
Figura 18 - Exercícios do tópico dois	34
Figura 19 - Avaliação RtmT	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - PHONASCUS	16
Tabela 2 – Solfeggio Maestro 6	17
Tabela 3 - GNU Solfege	19
Tabela 4 - Drill Rhythm Dictator	20
Tabela 5 - Matriz de confusão	37
Tabela 6 - Tabela do questionário	38
Tabela 7 - Avaliação RtmT	39

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 SOLFEJO RÍTMICO	10
2.1 Aprendendo solfejo	11
2.1.1 Academias	11
2.1.2 Livros e revistas	12
2.1.3 Internet	12
2.1.4 Software	13
2.2 Critérios de avaliação e metas	13
3 ESTADO DA ARTE	15
3.1 Softwares	15
3.1.1 LenMusic	15
3.1.2 Solfeggio Maestro 6	16
3.1.3 GNU Solfege	18
3.2 Sites	19
3.3 Análise dos concorrentes	20
4 RHYTHM TEACHER	21
4.1 Arquitetura detalhada RtmT	22
4.1.1 Interface	23
4.1.2 Sistema	24
4.1.3 Arquivos	25
4.1.4 MIDI	25
4.1.5 Musicg	27
4.1.6 JMath.Plot	28
4.2 Plano de ensino	29
4.2.1 Pulso, compasso e tempo	31
4.2.2 Figuras rítmicas e entendimento gráfico	32
4.2.3 Novos tópicos colaborativos	34
5 AVALIAÇÃO	35
5.1 Avaliação técnica	35
5.2 Avaliação do usuário	37
5.3 Resultados	38
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

# 1 INTRODUÇÃO

No cenário atual existem vários meios de aprender música. As formas mais conhecidas são academias, revistas e vídeo aulas. Com o advento da computação o homem começa a criar novas formas de facilitar sua rotina e com isso surgiram vários softwares para ensinar teoria musical e diversos instrumentos em específico. Poucos desses softwares são gratuitos, e poucos interagem com o instrumento real do usuário, tratando basicamente de uma teoria estática, exibindo vídeos e instruções para educar o aluno. Dessa forma os programas mostram a forma correta de executar a música, deixando de lado a análise da execução e desempenho do usuário.

O Sistema criado é o Rhythm Teacher(RtmT), uma plataforma de aprendizagem colaborativa que ensina solfejo rítmico, isto é ler e executar uma partitura musical no tempo certo. A ideia é testar os conhecimentos e habilidades do usuário de uma forma avaliativa e prática. O sistema capta o sinal de áudio da execução do aluno através do microfone, o software analisa o som e compara a execução do usuário com a lição a ser executada. O resultado desse método retorna os erros e acertos, mostrando a ele os pontos que precisam ser melhorados. Além do relatório percentual de acertos, o sistema gera uma representação gráfica de fácil entendimento para o aluno comparar a lição e sua própria execução. Inicialmente o sistema traz um ciclo básico de lições para que o aluno inicie seu estudo no solfejo, aprendendo especificamente como executar os ritmos com precisão. A solução possibilita reproduzir, salvar, importar e gravar arquivos MIDI, permitindo que o usuário teste suas habilidades rítmicas com uma vasta gama de arquivos existentes na internet e também divulgue o conhecimento criado, tornando a comunidade contribuinte um fator essencial para o crescimento do conhecimento colaborativo.

.Nos próximos capítulos entenderemos melhor as complexidades de criar um software educativo. Analisaremos o estado da arte para entender quais são as soluções atuais para o problema. Chegaremos à proposta da solução com uma descrição detalhada da implementação (tecnologias, arquitetura, etc.) e detalhes do plano de ensino. Em seguida avaliaremos criticamente os resultados da solução. Por fim haverá a conclusão do estudo apontando as contribuições para comunidade e

trabalhos futuros.

## 2 SOLFEJO RÍTMICO

Nesse capítulo será discutida a necessidade da educação musical e os benefícios trazidos ao aluno pela aproximação com a música. Mais especificamente estaremos falando de solfejo rítmico, entenderemos o que é e quão importante ele é na base musical do aluno. Discutiremos brevemente porque escolhemos esse tópico musical para ser o alvo de nossa solução e como foi abordado o problema. Posteriormente analisaremos as formas atuais de aprender solfejo rítmico, e mostraremos porque o software é uma forma poderosa e promissora.

A música acompanha o ser humano desde seus tempos ancestrais, o homem sentia a necessidade de criar, ouvir, sentir e de todos benefícios que ela oferece. Inicialmente vocalizando e batendo palmas, criavam cantos de adoração ou de guerra. O elemento inicial de criação era vocal e percussivo, com o tempo aparecem instrumentos musicais como: chocalhos, tambores, flautas e harpas. Dando uma nova dimensão à música, que fica cada vez mais complexa e profunda.

Um estudo realizados em plantas mostra os benefícios da música no crescimento do vegetal, mesmo que o estudo não seja linear e não indique claramente porque ocorre o fenômeno, é possível ver resultados satisfatórios[3]. Outros estudos realizados em animais e seres humanos também demonstram os vários benefícios da música, seja como um fator de relaxamento e concentração, ou de estímulo e motivação. A música age sobre a plasticidade cerebral, facilitando a comunicação entre neurônios na parte frontal do cérebro, que é relacionada com processos de memorização e atenção. Estimula a comunicação entre os dois lados do cérebro, aproximando a criatividade do lógico, mostrando a relação da música e da matemática. Nós humanos somos seres musicais desde a essência, seja no ritmo corporal ou fisiológico. A música nos passa várias emoções e nos desperta sentimentos, como na trilha sonora de filmes, música de casamento ou canto fúnebre. Se a pessoa estuda e música desde pequena, é possível notar um diferenciamento no neurodesenvolvimento e nas funções cognitivas da criança[1]. Tornando a música uma ferramenta poderosíssima, embora pouco usada atualmente

O solfejo rítmico é um dos primeiros tópicos para o estudante de música, sua compreensão é altamente necessária para o desenvolvimento musical do aluno.

Saber ler a partitura com precisão é fundamental para a execução correta de todos instrumentos inclusive a voz. Existem dois tipos de solfejo, o rítmico e o melódico. A diferença é que o primeiro analisa apenas a percussão das células rítmicas presentes na pauta para analisar a execução no tempo correto. O segundo trabalha a questão da leitura rítmica com as notas absolutas, ou seja, o aluno tem que cantar a nota correta no tempo certo. Nesse trabalho abordamos a tarefa de ensinar solfejo rítmico desenvolvendo um software que detecta a execução sonora do usuário, para poder avaliar o solfejo melódico além da detecção sonora, precisaríamos também distinguir cada som e atribuí-lo a uma nota referente, essa é uma complicação para trabalhos futuros.

## **2.1 Aprendendo solfejo**

Educação musical vem ganhando espaço no mundo atual, algumas escolas criam grupos de música, uma iniciativa interessante mas que não atinge à todos. O aluno hoje em dia não entende a necessidade de aprender música, apenas escuta sem entender muito bem as gravações que existem no mercado. Não é passado nas escolas a cultura e beleza das artes, muito menos a teoria musical. Música, assim como artes, ética e sociologia, são matérias negligenciadas no nosso sistema de ensino atual, sistema que visa apenas metas para o vestibular. Deixando de lado o desenvolvimento humano.

Dentre as formas de aprender Solfejo, podemos citar primeiramente as academias musicais, acompanhadas de todo material didático(livros, revistas e vídeos) e o software como forma alternativa mais recente. Fizemos essa análise para poder extrair as principais vantagens de cada e tentar reproduzir os pontos fortes na nossa solução.

### **2.1.1 Academias**

Temos aqui a forma tradicional e mais completa de ensino, uma escola onde o

aluno seria lecionado por um professor capaz de lhe avaliar, tirar suas dúvidas e acompanhar seu crescimento como músico. Uma instituição onde o aluno tem livros e material didático(CD-ROMS, DVDS, Softwares) disponíveis para estudo, com demonstrações de áudio e exercícios. As instituições públicas que prestam esses serviços, selecionam os estudantes por prova ou sorteio, nessa prova já é cobrado noções de solfejo rítmico e aptidão com algum instrumento. Tornando uma opção inacessível para a grande maioria que não tem nenhum conhecimento musical. Outras instituições particulares oferecem um serviço similar, o que também não é acessível a todos pelo seu preço. Embora seja a forma mais completa de ensino, apenas alguns alunos já iniciados consegue o acesso gratuito, os outros tem que pagar caro.

### ***2.1.2 Livros e revistas***

Aqui tratamos do conhecimento estático, os livros são a base do conhecimento humano, usados como fortes referencias de conhecimento sólido. São importantes no ensino do solfejo trazendo a teoria e exercícios, mas pecam por não demonstrar a execução do exercício e nem poder avaliar a execução rítmica do aluno. Alguns materiais mais caros vem acompanhados com CD-ROM's contendo demonstrações de áudio que facilitam o entendimento do aluno.

### ***2.1.3 Internet***

Existem vários sites para aprender a solfejar, trazendo a teoria e demonstrações de áudio muito uteis, alguns com formas interessantes e criativas de ensinar através de aplicações interativas em flash. Citaremos os que mais nos interessam no próximo capítulo e faremos um estudo de suas principais vantagens e desvantagens.

As vídeo aulas embora não tragam a solidez do conhecimento encontrada nos livros, mostra de uma forma mais prática e interativa a execução de exercícios, onde o aluno pode observar a execução correta da partitura e tentar fazer igual. Basta o

aluno procurar vídeo aulas de solfejo na internet e ter acesso gratuito ao conteúdo. Esse aulas podem ter a qualidade questionada, pois existem muitos vídeos tutoriais na internet sem nenhuma garantia de ter sido elaboradas por um profissional.

. A desvantagem dessas abordagens é que o aluno não pode tirar dúvidas e também não será corrigido se estiver fazendo alguma coisa errada pois será avaliado apenas por ele próprio.

#### **2.1.4 Software**

Uma solução de software é capaz de reunir teoria, pratica e avaliações. O software completo pode passar a teoria, propor exercícios com demonstração de áudio e depois avaliar a execução do aluno. Se há uma integração da comunidade, é possível que o aluno tire duvidas e receba respostas, assim como professores possam gerar novos conhecimentos e exercícios. O software tem grandes vantagens pelo seu poder de agregar e integrar todas as vantagens dos métodos, por isso acreditamos que podemos ensinar solfejo de for forma eficiente através do software. Hoje Algumas instituições de ensino vem usando softwares auxiliando o material didático do curso, pela sua interatividade, o software se mostra muito efetivo no campo da educação[2]

#### **2.2 Critérios de avaliação e metas**

Depois de analisar as formas de aprender solfejo, percebemos que o ideal é o aluno ter acesso à teoria, escutar demonstrações de áudio, fazer exercícios e ser avaliado por eles. É ideal é que o aluno busque todos os meios possíveis para complementar seu aprendizado. Nesse trabalho fizemos um estudo das soluções atuais que ensinam solfejo para tentar explicitar e atacar suas fraquezas com a solução RtmT. Os critérios adotados para avaliação da solução enquanto sua competência são:

- Ensinar teoria - Se a teoria é passada pelo solução.
- Demonstração de áudio - Se a solução contem demonstrações de áudio.
- Interação com o usuário - Se o usuário realmente executa o solfejo.
- Avaliar desempenho do aluno - Se o software aponta os erros do aluno.
- Preço - Além do preço inicial, equipamentos necessários.

Nos orientamos por esses critérios para tentar criar um software diferencial, as soluções serão avaliadas entre: excelente, bom, médio e ruim. O RtmT procura ensinar música com uma abordagem prática, para que a pessoa aprenda a solfejar acompanhada por um tutor ou não.

## 3 ESTADO DA ARTE

Nesta seção entenderemos um pouco quais são as soluções atuais para a solfejar, como elas atendem os critérios de avaliação escolhidos anteriormente e como influenciam a nossa solução. Dentre uma grande quantidade de soluções no mercado, selecionamos os mais interessantes para nossa análise. Procurando identificar o que há de melhor atualmente, para poder de fato fazer uma contribuição valerosa ao fim desse trabalho. Dividimos os elementos de pesquisa entre soluções de software e de sites.

### 3.1 Softwares

Nesta seção examinaremos os softwares que mais se parecem com a proposta do RtmT, depois de uma pesquisa de candidatos chegamos a 3 softwares. Existem muitos softwares que ensinam teoria musical em geral, selecionamos apenas um candidato nesse estilo, os outros dois são softwares focados apenas em leitura e solfejo.

#### 3.1.1 *LenMusic*

LenMusic é um projeto de software *open source* que trata de teoria musical como um todo, traz o princípio de educação livre para todos. Seu software mais conhecido é o Phonascus, um trabalho de Cecilio Salmerón e colaboradores. Uma solução que o usuário pode navegar por vários livros de teoria musical inclusive solfejo. Cada lição é seguida de exercícios pra o usuário fixar o conhecimento. Além de poder baixar novos livros de teoria criados por contribuidores do projeto, o usuário pode fazer sua parte e criar novas lições. O Phonascus tem exercícios interativos mas nada que envolva a execução real da música, é um software com uma ótima construção teórica, mas falha em praticidade[4]. Esse software nos deu uma boa visão de como a teoria é importante e que deve ser criada por qualquer um, dando

ao usuário mais experiente a possibilidade de dividir conhecimento.

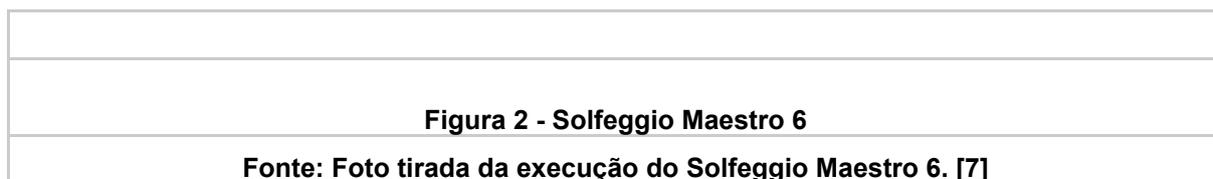
<b>Figura 1 - Exemplo execução Phonascus</b>
<b>Fonte: ScreenShot retirado da execução do software <i>LenMusic Phonascus</i>.</b>
<b>Nota: Na figura podemos observar o software tocando o exemplo e várias outras lições a esquerda.</b>

A tabela a seguir mostra nossa avaliação do *LenMusic PHONASCUS* enquanto aos critérios básicos escolhidos na seção anterior.

<b>Tabela 1 - PHONASCUS</b>			
<i>PHONASCUS</i>	NOTA	Descrição	
Teoria	Excelente	Teoria completa e solida	
Demonstração de áudio	Bom	Várias demonstrações e exercícios	
Interação com o usuário	Médio	Usuário apenas responde perguntas, não executa os ritmos.	
Avaliação de desempenho	Médio	apenas avaliações teóricas	
Preço	Excelente	Gratuito	
<b>Fonte: autoria própria</b>			

### 3.1.2 Solfeggio Maestro 6

Uma solução de software gratuita específica para ensinar solfejo onde o usuário tem acesso a teoria em forma de lições. Ao iniciar o programa o usuário escolhe lição quer aprender dentre os tópicos separados por nível. As lições ensinam solfejo melódico de uma forma simples, abordando a teoria e posteriormente demonstrando a execução correta da partitura. O aluno não tem interação com o sistema e não tem seu conhecimento avaliado, as práticas envolvem apenas a reprodução e observação da partitura. O usuário pode também criar e executar novas partituras para facilitar o entendimento[7].



A tabela a seguir mostra nossa avaliação do Solfeggio Maestro 6 enquanto aos critérios básicos escolhidos na seção anterior.

Tabela 2 – Solfeggio Maestro 6		
Solfeggio Maestro 6	Nota	Descrição
Teoria	Médio	pouco foco teórico
Demonstração de áudio	Bom	Demonstra o áudio de todas lições
Interação com o usuário	Ruim	Não interage com o usuário

Avaliação de desempenho	Ruim	Não avalia o usuário
-------------------------	------	----------------------

Preço	Excelente	Gratuito.
-------	-----------	-----------

<b>Fonte: Autoria própria.</b>
--------------------------------

### 3.1.3 GNU Solfege

Mais uma solução para aprender solfejo, o GNU Solfege se mostra mais trabalhado que a solução anterior em várias questões. Apresenta uma base bem maior de teoria e vários tipos exercícios interativos abordando diversos tópicos da teoria musical com demonstrações de áudio. O sistema toca ritmos e faz vários questionamentos sobre as figuras rítmicas utilizadas, notas e tempo. Faz perguntas diretas dizendo se o aluno errou ou acertou, o sistema não avalia o aluno tocando, deixando de lado um ponto importantíssimo na música, a execução. Na figura abaixo podemos observar a tela inicial e seus tópicos teóricos seguidos de diferentes propostas de exercícios[9].

<b>Figura 3 - GNU Solfege</b>
<b>Fonte: Foto tirada da execução do software GNU Solfege[9]</b>

A tabela a seguir mostra nossa avaliação do GNU Solfege enquanto aos critérios básicos escolhidos na seção anterior.

<b>Tabela 3 - GNU Solfege</b>
-------------------------------

GNU Solfege	Nota	Descrição
Teoria	Excelente	Vários tópicos abordados
Demonstração de áudio	Excelente	Lições acompanhadas por áudio
Interação com o usuário	Médio	Usuário não toca, apenas responde
Avaliação de desempenho	Médio	Avalia de forma estática, dizendo se acertou ou errou.
Preço	Excelente	Gratuito
<b>Fonte: Autoria própria.</b>		

### 3.2 Sites

Existem vários sites que tentam ensinar solfejo de uma forma teórica, procuraremos abordar os que fazem isso de uma forma interativa. O exercício comumente proposto para esse caso é o Rhythm Dictator, diversos sites usam esta mesma abordagem. O sistema toca a partitura e deixa que o usuário monte sua estrutura escolhendo entre as figuras rítmicas. Dos diversos sites com essa mesma proposta de exercício, o mais completo que encontramos é o Drill Rhythm Dictator, um aplicativo no site do eMusic Theory[8].

--

**Figura 4 - Drill Rhythm Dictator**

Fonte: Foto tirada da execução do Drill Rhythm Dictator[8]

A tabela a seguir mostra nossa avaliação do Drill Rhythm Dictator enquanto aos critérios básicos escolhidos na seção anterior.

**Tabela 4 - Drill Rhythm Dictator**

Drill Rhythm Dictator	Nota	Descrição
Teoria	Ruim	Não há teoria, apenas pratica
Demonstração de áudio	Médio	Áudio um pouco confuso
Interação com o usuário	Médio	Usuário não toca, apenas responde
Avaliação de desempenho	Médio	Avalia de forma estática, dizendo se acertou ou errou.
Preço	Excelente	Gratuito

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 Análise dos concorrentes

Das soluções analisadas nenhuma procura avaliar o desempenho da execução rítmica do usuário, as avaliações se baseiam em questões sobre o áudio que o sistema executou. Apenas ouvindo o sistema não garante que o aluno aprendeu como tocar corretamente, avaliar a execução do aluno é preciso, pois nem sempre o usuário percebe todas as minúcias de uma lição. O aluno pode achar que sabe reproduzir corretamente, quando pode estar falhado em questões críticas. Não corrigir tais erros é permitir que o aluno prossiga no conhecimento com possíveis defasagens.

Depois dessa análise decidimos focar numa solução que avalie o usuário de forma gratuita e satisfatória, já que nenhum dos candidatos analisados atinge esse objetivo. O sistema capta a execução do aluno e aponta onde e como ele errou, dando-o a possibilidade de avaliar seu desempenho e reconhecer suas falhas. Decidimos também por uma solução colaborativa, para que os usuários possam criar o conhecimento e passar adiante suas habilidades. A solução inicialmente trás o ciclo básico que dá ao usuário o entendimento básico de como funciona a partitura musical. Na próxima seção explicaremos como funciona a solução proposta por nós e os detalhes do sistema.

## 4 RHYTHM TEACHER

Neste capítulo apresentaremos a nossa solução em detalhes, qual o seu propósito, suas inspirações e em que aspectos se destaca dos outros softwares no mercado. Em seguida será explicado como o sistema funciona enquanto sua arquitetura, detalhes de sua implementação e como usar. Por fim vamos falar do plano de ensino, indicar boas práticas de uso e como a comunidade pode se beneficiar com uma iniciativa colaborativa.

De acordo com o analisado nos capítulos anteriores, traçamos uma série de características que julgamos interessantes para um software de ensino. Para nos destacar dos softwares no mercado, optamos por uma abordagem prática que desenvolva o conhecimento gratuitamente de forma avaliativa e dinâmica. Nós incentivamos totalmente o usuário buscar todo e qualquer conhecimento fora do RtmT, mas acreditamos que ele possa se desenvolver apenas seguindo o programa.

O Sistema funciona da seguinte forma, o usuário deve seguir a apostila executando os exercícios sempre que indicado, o usuário não deve seguir para lições avançadas sem conseguir executar as básicas corretamente. O enfoque teórico serve para que o aluno possa ler as partituras com segurança e entenda todos os elementos gráficos que ela dispõe. Cada lição é acompanhada por uma demonstração de áudio para que o aluno a execute corretamente, o microfone vai captar os sinais de áudio emitidos e o processamento do sistema compara com a lição, mostrando graficamente a execução do aluno em detrimento a execução da lição. A partir dessa comparação o sistema informa a taxa de acerto do aluno, mostrando de forma fácil onde e como ele errou.

O usuário deve executar as lições com um tambor, na falta de um não tem problema, pode estalar os dedos, bater com uma caneta no fundo de um copo ou cantar "pá". Não importa se o usuário canta "pá" ou "pó" a cada nota, se ele bate a caneta no copo ou na mesa, o importante é que seja um som discreto, curto e sem reverberações. O sistema identifica qualquer som, para que funcione corretamente é importante que o ambiente esteja em silêncio para que outros sons não atrapalhem a avaliação do aluno.

## 4.1 Arquitetura detalhada RtmT

O RtmT foi implementado em Java e conta com a ajuda de algumas bibliotecas importantes, chegaremos nelas durante esse percurso. A escolha do Java se deu com a familiaridade que a equipe tinha com a linguagem, além de ter uma vasta gama de bibliotecas implementadas, Java se faz eficaz para um desenvolvimento modular e rápido para a aplicação desenvolvida. Podemos dividir a arquitetura do sistema em:

- Interface - Representado a interface com o usuário
- Sistema - Representando o processamento comum à todo o sistema
- Arquivos - Representando as classes que tratam arquivos exteriores ao sistema
- MIDI - Representando as manipulações com arquivos MIDI
- MusicG - Representando o tratamento de arquivos WAVE
- JMathPlot - Representado os gráficos gerados pelo sistema

Das bibliotecas nativas de Java, vale destacar o uso da biblioteca Java.swing para criação de tabelas e Grames, java.io para manipulação de arquivos fora do programa e Java.sound que veremos com mais cuidados

Java.Sound é uma biblioteca importantíssima para o RtmT, trazendo várias funções para criação e manipulação de arquivos MIDI[10], que são o coração do programa. Todo áudio que é importado pro programa ou gravado via microfone será armazenado como um arquivo MIDI dentro do sistema, arquivo baseado em eventos que permite fácil manipulação, criação e replicação. Na subseção "MIDI" deste capítulo entenderemos melhor como funciona sua estrutura.

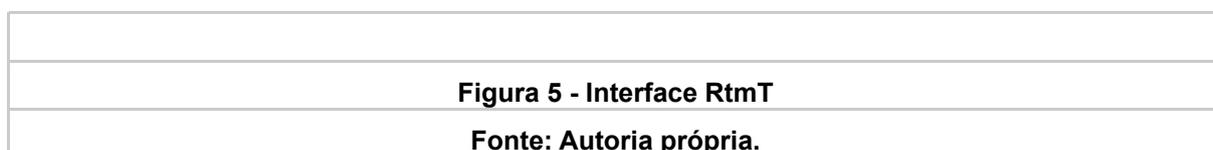
A primeira biblioteca externa usada foi a MusicG, uma forma leve de analisar o áudio escrita em Java, com o propósito de extrair informações de alto e baixo nível. A API permite extrair informações do áudio e também opera-lo facilmente. Dispõe de várias funções que facilitam o processamento do sinal de áudio como renderizar *wavforms* e espectrogramas[12]. Entenderemos melhor sua função no RtmT na subseção MusicG.

A segunda biblioteca externa usada é o JMath.Plot[11], usada no sistema para

criar gráficos 2D com facilidade. O sistema usa suas funções para criar os gráficos que mostram o comportamento do áudio captado e para criar o gráfico de avaliação da execução do usuário. Mais detalhes na subseção JMath.Plot.

#### **4.1.1 Interface**

Nesta seção apresentaremos de forma detalhada a interface com o usuário. A figura mostra a página inicial do sistema.



A respeito da figura, discriminaremos o que cada número significa com uma breve descrição de sua função.

- 1 - Botão utilizado para gravar novas lições através do microfone.
- 2 - Reproduz a faixa selecionada, pausa a reprodução da faixa selecionada.
- 3 - Caso não queira mais reproduzir a faixa selecionada não basta apenas pausar e selecionar uma outra, o botão de zerar serve pra zerar o *TickPosition*, que representa em qual momento da reprodução o sistema MIDI se encontra.
- 4 - Botão comparar serve para o aluno comparar sua execução com a lição da em questão, quando apertar esse botão o microfone é aberto e o aluno pode começar a executar seu exercício.
- 5 - Se alguma faixa estiver selecionada ele é deletada, se não, deleta todas as faixas.
- 6 - Deseleciona a faixa selecionada
- 7 - Se alguma faixa selecionada, abre janela para salvar faixa em arquivo MIDI, se não, abre janela para salvar todas faixas em um único arquivo MIDI que pode ser importado de volta para o sistema. Uma boa forma do professor salvar suas lições.
- 8 - Importa um arquivo MIDI para o sistema, criando tantas faixas quantas forem as faixas contidas no arquivo.
- 9 - Simples Id de criação da faixa.

10 - Duração da faixa em milissegundos.

11 - Nota máxima atingida pelo aluno ao tentar reproduzir o exercício.

12 - Descrição da faixa. O usuário pode escrever algo nesse campo, essa informação não é permanente.

13 - Representa uma faixa no sistema.

14 - Tabela que mostra as faixas no sistema.

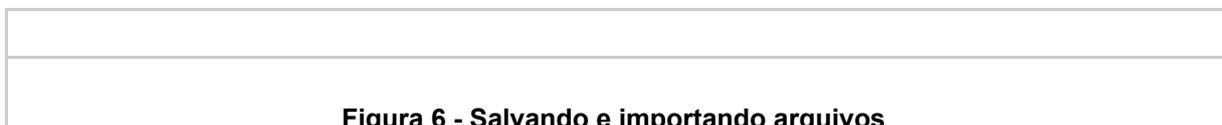
15 - Console que dá *feedback* ao usuário, informando se suas ações foram realizadas com sucesso. No console aparece o relatório do exercício do aluno, dando informações de sua execução

#### **4.1.2 Sistema**

O sistema é a parte que se liga a todas as outras, executando requisições e seguindo o curso do processamento. O sistema é responsável pelo processamento e manutenção das variáveis globais e dos parâmetros do sistema. Esses parâmetros são importantíssimos para execução como um todo, responsáveis pelo bom funcionamento da solução. Uma classe que vale salientar é a `dadosTrack`, que mantém todas informações importantes para cada faixa, o sistema mantém um `Vector` de `dadosTrack` com as faixas rodando no sistema. Nesse vetor acontecem todas as formas de manipulação das faixas, excluindo, criando e comparando.

#### **4.1.3 Arquivos**

Esta parte do sistema se refere apenas à manipulação dos arquivos externos ao programa. O arquivo pode ser salvo ou importado para o sistema, nessas duas ocasiões uma janela análoga a esta da figura irá aparecer. Basta o usuário selecionar o diretório.



**Figura 6 - Salvando e importando arquivos**

Fonte: Autoria própria.

#### 4.1.4 MIDI

Arquivos MIDI são conhecidos por sua flexibilidade e fácil manipulação, permitindo ao desenvolvedor várias possibilidades de processamento e criação. No RtmT, essa flexibilidade foi essencial, dando rapidez e segurança no processamento das faixas. Para reprodução dos arquivos é necessária a criação do *Sequencer*, que gerencia a sequência de faixas dentro do sistema, tornando possível reproduzir, adicionar e deletar suas instancias. O *Sequencer* é responsável pela comunicação com o sintetizador, que tem acesso a um bando de dados com várias amostras de instrumentos musicais. O sintetizados vai gerar o som com qualidade dependente da placa de som do usuário e também da sua própria versão. Isso quer dizer que arquivos MIDI não dependem de som gravado, seu som é criado de acordo com as amostras no banco de dados, e por certas distorções configuradas no *Sequencer*. A figura ilustra como funciona o subsistema MIDI.

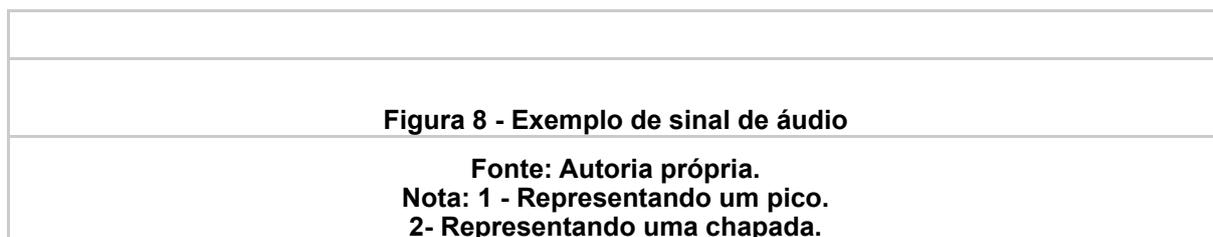
Figura 7 - Sub sistema MIDI

Fonte: *Understanding and using MIDI audio*[10]

No caso do RtmT, usamos o sintetizador apenas para criar o som de batida, mas em outras aplicações poderia ser usado para gerar sons mais complexos. Dentro do *Sequencer* existe a *Sequence*, que gerencia cada faixa(*Track*) do arquivo MIDI, essas faixas podem ser tocadas separadamente ou em conjunto. No RtmT os arquivos em execução tem apenas uma faixa. Os usuário pode desejar salvar todas suas faixas arquivo só, mas quando forem importadas de volta para o sistema, serão separadas em tantas lições quanto forem as faixas.

### 4.1.5 MusicG

Nesta seção entenderemos como a biblioteca MusicG auxilia o RtmT em seu processamento. Sabendo de suas facilidades para processar e manipular sinais de áudio, MusicG é responsável pela detecção das batidas. O Microfone capta o áudio e salva num arquivo temporário de extensão WAV, esse arquivo é lido pelas funções do MusicG que obtêm as amplitudes normalizadas. Essa amplitude é processada de acordo com parâmetros do sistema afim de encontrar os picos. O pico indica uma batida, pois é o ponto de máximo onde o volume deixa de aumentar e começa a diminuir. O processamento desses picos não é simples, pois existem picos que se mantem na máxima amplitude gerando uma chapada, resta ao sistema entender e discernir o que fazer. A imagem mostra o sinal de áudio com alguns exemplos ilustrados.



Como observamos na imagem, o sinal contem 3 picos discretos e uma chapada, essa chapada é causada por um som continuo, no caso do usuário estar praticando usando a voz, ao dizer um "pá" muito longo cria-se uma chapada. O sistema tem que indicar que não são vários picos, e sim uma única batida.

O sistema utiliza uma otimização inteligente na busca dos picos para reduzir o processamento, onde ele não processa cada bit do sinal de áudio para reduzir esforço sem perder qualidade. Sem essa otimização a busca pelos picos seria muito custosa, além de buscar os picos o sistema tem que desconsidera o ruído e picos com amplitudes inferiores ao limiar do sistema(*Threshold*). Depois de encontrados os tempos de ocorrência dos picos, esses valores são mandados para outro método que criará a faixa MIDI com batidas referentes aos tempos de pico, completando o ciclo e criando a faixa com segurança e precisão.

#### 4.1.6 JMath.Plot

Nesta seção analisaremos como a biblioteca JMath.Plot se faz útil para o RtmT, sua primeira função é criar o gráfico do som analógico que é captado pelo sistema, o gráfico se baseia no comportamento espectral WAVE. O gráfico serve para que o usuário possa analisar se está tendo problemas com ruído, ou se suas batidas estão sendo altas o suficiente. O sistema reconhece como uma batida um som que atinja 0.6 na amplitude sonora, essa variável é chamada de *Threshold*. A figura a seguir nos dá exemplos dos sons que foram ou não reconhecidos pelo sistema como batidas do usuário.

<b>Figura 9 - Gráfico de entrada de som</b>
<b>Fonte: Foto tirada da execução do RtmT.</b>
<b>Nota: Todos os picos que estão a baixo da linha vermelha são descartados</b>

Analisando o gráfico o aluno conclui se precisa bater mais executar as batidas com mais força.

Sua segunda função é a criação do gráfico da avaliação do aluno. Na avaliação do o sistema sobrepõe o gráfico que mostra a execução da lição com o gráfico da execução do aluno. Esse gráfico sobreposto mostra de forma simples os erros e acertos do aluno, tornando simples analisar quais partes ele teve mais dificuldade e porque ele errou. A imagem mostra como um exemplo.

<b>Figura 10 - Gráfico para avaliar a execução do aluno</b>
<b>Fonte: Foto da execução do RtmT</b> <b>Nota: Os pontos em azul se refere ao ritmo do exercício.</b> <b>Os pontos verdes são as batidas que o aluno acertou.</b> <b>Os pontos em vermelho são as batidas que o aluno errou.</b>

Analisando esse gráfico o aluno percebe onde errou e tira suas conclusões, pode aferir onde se precipitou ou esperou demais para tocar uma batida e pode perceber que bateu mais ou menos vezes do que deveria.

## 4.2 Plano de ensino

A ideia é que o usuário aprenda o básico do solfejo rítmico apenas concluindo o ciclo básico de exercícios. O usuário vai ser capaz de acompanhar e executar os ritmos se seguir com atenção a apostila teórica do curso, ouvindo as demonstrações de áudio de cada lição. O curso começa com exemplos básicos e vai adicionando elementos gradualmente para que o usuário vá se adaptando e absorvendo as lições. RtmT é acompanhado pela apostila do ciclo básico, nela contem indicações de como usar o sistema e as lições teóricas do curso.

Na imagem abaixo podemos notar o avanço que o aluno pode ter concluindo o ciclo básico do Rhythm Teacher, será capaz de ler e entender os valores de cada figura rítmica, será capaz de se manter no ritmo e também executar ritmicamente partituras de média complexidade.

<b>Figura 11 - Exemplo de lições do RtmT.</b>
<b>Fonte: NoteFlight[6].</b>
<b>Nota: Linha 1 - capacidade de entender figuras rítmicas. Linha 2 - capacidade de se manter no ritmo. Linha 3 - capacidade de executar ritmos de média complexidade</b>

Dividimos a apostila do ciclo básico em dois tópicos, inicialmente trabalharemos com noções básicas como: pulso, compasso, tempo e coordenação. Depois exploraremos as figuras rítmicas, o que cada uma delas representa em relação as outras e como passar essa representação gráfica para uma execução rítmica. Levamos em consideração que cada pedaço da teoria deve ser acompanhado por um exercício prático para que o aluno se desenvolva de forma satisfatória. Nas próximas subseções falaremos um pouco sobre os tópico de ensino do ciclo básico RtmT. Dando à entender um pouco da teoria abordada, o que representa cada elemento dentro das linhas e seu entendimento em conjunto, a partitura.

### **4.2.1 Pulso, compasso e tempo**

Nesta seção entenderemos o básico da teoria para que possamos entender melhor o funcionamento do sistema. Um ritmo é formado por uma sequência de figuras rítmicas ordenadas. Quando falamos de ritmo não podemos deixar de falar de pulso, uma batida que se repete após um determinado intervalo de tempo, um agrupamento de pulsos forma um compasso. O compasso pode ser binário, terciário, quaternário ou N-ário, dependendo de quantos pulsos ele possui. Na figura ilustramos os pulsos sendo agrupados por seus compassos.

<b>Figura 12 - Pulsos e compassos.</b>
<b>Fonte: Autoria própria.</b>
<b>Nota: As linhas grossas denotam o limite do compasso, as linhas finas denotam cada pulso</b>

Os primeiros exercícios baseiam se no entendimento de pulsos e compassos de acordo com o tempo, trabalharemos apenas noções rítmicas do usuário que ainda não teve contato com a partitura. O aluno terá que estalar os dedos para cada pulso assinalado com a bolinha verde e permanecer em silêncio para os pulsos assinalados com bolinha vermelha. O aluno deverá respeitar o tempo do exercício e reproduzir igual à demonstração de áudio da lição. Seque os exercícios do primeiro tópico do ciclo básico.

<b>Figura 13 - Exercícios do tópico1 ciclo básico</b>
<b>Fonte: Autoria própria.</b>

#### 4.2.2 Figuras rítmicas e entendimento gráfico

Nessa seção daremos ao usuário todo entendimento que ele precisa para ler uma partitura ritmicamente, isto é solfejar. Aprenderá sobre figuras rítmicas e como elas permeiam as linhas da partitura. Dependendo de qual linha a figura esteja alocada, representa uma nota, é interessante notar que não estamos falando de notas, e sim da função rítmica em si, tornando a nota por agora dispensável. Para o entendimento rítmico, focamos apenas no momento que a nota vai ser tocada e não em qual nota deve ser tocada. Voltando as figuras rítmicas, apresentamos uma tabela com as que vão ser cobradas no tópico.

<b>Figura 14 - Apresentando figuras rítmicas</b>
<b>Fonte: Ricci Adams[7].</b>

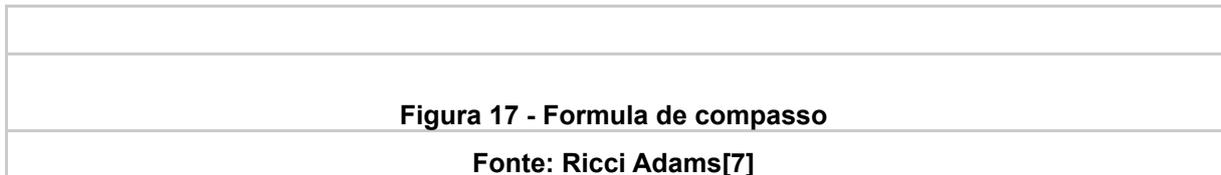
Essas são as primeiras figuras que o aluno irá aprender, na coluna figura existe uma numeração pra cada, isso porque o tamanho delas é relativo, a Semibreve tem o dobro do tamanho da Mínima, que tem o dobro do tamanho da Semínima e assim por diante. O denominador dessa fração é muito importante, mas na frente nessa seção esse número será usado para formulação de compassos. Voltando às figuras, na imagem a seguir o aluno poderá entender mais facilmente a hierarquia entre cada elemento.

<b>Figura 15 - Hierarquia das figuras rítmicas</b>
<b>Fonte: Ricci Adams[7]</b>

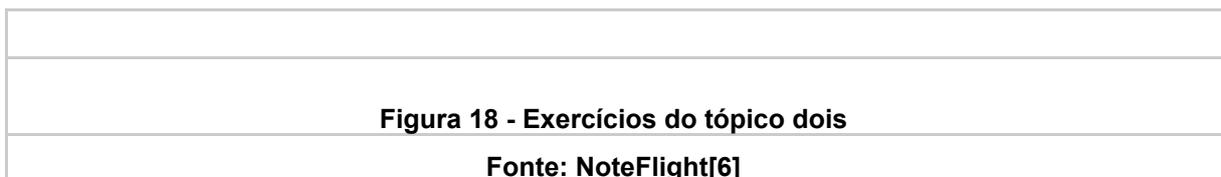
Também é importante informar ao usuário que cada nota tem uma pausa relativa, ou seja, cada pausa denota um tempo de espera diferente.

<b>Figura 16 - Pausa das figuras rítmicas</b>
<b>Fonte: Ricci Adams[7]</b>

O usuário tem que saber qual pausa se trata para esperar o tempo certo para poder tocar novamente. No fim da lição introduzimos os números que definem o compasso. A imagem mostra de forma simples como esse coeficiente funciona, o número de baixo representa o denominador da figura rítmica(visto na primeira figura da seção) e o numerador representa quantas dessas figuras cabem no compasso.



Após terminar essa lição o usuário será capaz de reproduzir e entender essas partituras com a ajuda da demonstração de áudio do sistema. A imagem mostra os exercícios do tópico dois do ciclo básico



#### **4.2.3 Novos tópicos colaborativos**

Depois que o usuário adquire a teoria, nos resta aprofundar cada vez mais sua técnica e coordenação, o avanço do usuário é refletido pela quantidade de pratica e concentração que ele aplica ao exercício, quanto mais lições melhor. Nas próximas seções identificaremos como criar novas lições usando o RtmT, mas por agora, nos interessa dizer que o RtmT é um software colaborativo e precisa da ajuda da comunidade. O RtmT provem a plataforma de ensino mas conta com a colaboração de músicos experientes, professores e interessados para desenvolver o conhecimento dentro do RtmT. Basta criar uma apostila com instruções e criar as lições em arquivos MIDI usando a interface do RtmT. Nossa ideia é que vários colaboradores entrem em contato pra gerar conhecimento gratuito para os usuários

que não tem acesso a soluções mais caras. Assim o conhecimento poderia crescer de forma exponencial, e todos os interessados poderiam ter várias lições acompanhadas de teoria e áudio ao dispor de sua educação. Nossa satisfação é de estar fazendo o possível para que a educação seja livre e acessível a todos.

## 5 AVALIAÇÃO

Neste capítulo avaliaremos o RtmT com duas abordagens, uma comprovando tecnicamente o funcionamento do sistema e outra procurando abordar questões como usabilidade e opiniões do usuário. Nas próximas seções explicaremos como funcionará cada metodologia de avaliação, chegando aos resultados e tirando conclusões sobre eles. Os resultados das avaliações nos guiarão para melhorias futuras, entendemos que essa parte do processo é primordial para o ciclo de desenvolvimento de um software. Continuar avaliando ciclicamente em busca de *bugs* e incoerências do sistema.

### 5.1 Avaliação técnica

Nessa seção avaliaremos a capacidade que o RtmT tem de perceber as batidas do usuário. Avaliaremos de forma técnica aspectos como corretude e velocidade de percepção. Para uma batida ser dada como certa, é preciso que o usuário toque dentro da faixa de tolerância, 80 milissegundos pra mais e pra menos. O usuário tem um intervalo de 160 milissegundos para encaixar a nota no ritmo. Os testes que faremos avaliam o sistema realmente atinge esse objetivo, Usaremos como lição os exercícios do RtmT e criaremos arquivos de áudio a partir da reprodução desta mesma lição. Depois de captar o áudio da reprodução da lição, adulteraremos as notas para verificar se o RtmT realmente faz o que se propõe. Mostraremos os resultados numa matriz de confusão, onde pode-se observar os erros e acertos do sistema, discriminando as predições do sistema. Criamos 5 casos de teste para testar a faixa de tolerância, são eles:

- 1° Antes da faixa de tolerância, notas estão fora da faixa (-100 ms)
- 2° Dentro da faixa de tolerância, notas estão dentro da faixa mas um pouco antes do seu tempo (-50 ms)
- 3° Reprodução do áudio da lição, notas permanecem as mesmas
- 4° Dentro da faixa de tolerância, notas estão dentro da faixa mas um pouco

depois do seu tempo (+50 ms)

-5° Depois da faixa de tolerância, notas estão fora da faixa (+100 ms)

<b>Figura 19 - Avaliação RtmT</b>	
<b>Fonte: Autoria própria.</b>	
<b>Nota: Os números representados nas figuras(+2,+1,+0,-1,-2) representam a alteração em ticks que foi dada às notas, cada tick vale 50 ms.</b>	

A figura a seguir mostra em detalhes o resultado dos testes, o primeiro ponto verde que está no eixo Y representa o evento inicial de cada faixa, logo deve ser desconsiderado. O sistema sempre considera a primeira batida como correta, é a partir dela que o sistema se orienta para comparar os tempos das notas, é como se ele emparelhasse as duas faixas a partir da primeira nota, logo a avaliação será feita em todas as batidas menos a primeira. Podemos perceber que o sistema acertou tudo em todos os exemplos, negando todas as notas que deviam estar fora da faixa de tolerância nos exemplos 1 e 5, e aceitando todas as notas que estão dentro da faixa nos exemplos 2, 3 e 4. A seguir a tabela.

<b>Tabela 5 - Matriz de confusão</b>			
--------------------------------------	--	--	--

RtmT	Certo	Errado		
------	-------	--------	--	--

aferição correta	45	30		
------------------	----	----	--	--

aferição errada	0	0		
-----------------	---	---	--	--

<b>Fonte: Autoria própria.</b>				
--------------------------------	--	--	--	--

Na primeira linha da tabela, temos quando o sistema acertou ao aferir que a nota foi certa ou errada, na segunda linha temos quando o sistema errou ao aferir a precisão da nota. Depois de vários testes concluímos que o RtmT funciona de forma

satisfatória. Em condições extremas de uso podem ocorrer erros referentes a qualidade de som, barulho no ambiente e baixa execução do usuário.

Extrapolamos o uso do sistema para tentar achar erros, nos testes vimos que notas fantasmas aparecem na execução do usuário, essa nota se deve a algum barulho no quarto quando o aluno executa o exercício. Também pode acontecer de notas que o usuário tocou não serem aferidas porque o usuário tocou baixo demais, fora isso também podemos apontar a qualidade do microfone do usuário e algumas distorções de áudio. Por isso é muito importante praticar num ambiente silencioso e batendo de forma uniforme a cada nota.

O sistema mostra uma dificuldade para perceber muitas notas em um curto espaço de tempo, mas esse exemplo não se aplica a ritmos de solfejo, essa dificuldade aparece se o usuário criar um exercício tocando a toda velocidade. Pretendemos aumentar a precisão do sistema, mas por enquanto para questões de solfejo o sistema atende os requisitos, o RtmT se mostra extremamente apto à atender a demanda de batidas do usuário que está praticando os exercícios da apostila.

## **5.2 Avaliação do usuário**

Nesta seção entenderemos melhor questões de usabilidade e como o RtmT está atingindo os alunos, os usuários foram submetidos ao ciclo básico e posteriormente fizemos um questionário avaliativo. Realizamos os testes com 10 usuários de ambos os sexos, diversas idades e diferentes níveis de conhecimento musical. A seguir, as perguntas do questionário e a tabela que mostra os resultados da abordagem. O usuário pode escolher entre ótimo, bom, médio, ruim e péssimo.

1-O que você acha da ideia de ensinar solfejo gratuitamente ?

2-O que você achou dos exercícios propostos pelo nosso RtmT ?

3-O que você achou da abordagem pratica do sistema ?

4-O que você achou da abordagem teórica do sistema ?

5-De que forma o sistema contribuiu seu conhecimento musical ?

6-Como você avalia a precisão do RtmT enquanto sua avaliação do usuário ?

7-Como você define o RtmT ?

Tabela 6 - Tabela do questionário						
RtmT	Ótimo	Bom	Médio	Ruim	Péssimo	
1	7	2	1	0	0	
2	7	2	1	0	0	
3	8	1	1	0	0	
4	2	6	1	1	0	
5	4	4	2	0	0	
6	7	2	1	0	0	
7	7	3	0	0	0	

**Fonte: Resultado da pesquisa.**  
**Nota: questionário preenchido por 10 usuários**

Percebemos que o sistema atinge as expectativas iniciais, sendo útil e de fácil uso. Com o *feedback que a pesquisa nos deu*, pretendemos focar mais em questões teóricas e qualidade da apostila, trabalhando de forma mais didática o conteúdo

apresentado.

### 5.3 Resultados

De acordo com as duas avaliações executadas, estamos satisfeitos com o resultados alcançados e também vemos que caminho seguir para trabalhos futuros. Avaliaremos nosso trabalho seguindo a mesma linha de avaliação que usamos para os concorrentes, levando em conta os *feedbacks* que tivemos e nosso conhecimento sobre o sistema.

Tabela 7 - Avaliação RtmT			
RtmT	Nota	Descrição	
Teoria	Médio	Pouco foco teórico	
Demonstração de áudio	Bom	Lições acompanhadas por áudio	
Interação com o usuário	Excelente	Usuário executa as lições	
Avaliação de desempenho	Excelente	Avalia de forma ilustrativa	
Preço	Excelente	Gratuito	

**Fonte: Autoria própria.**

## 6 CONCLUSÃO

Usamos duas formas pra avaliar a nossa solução, uma explorando questões técnicas(Matriz de confusão) e a outra questões de uso e funcionalidade, concluímos as avaliações como satisfatórias mostrando o potencial do RtmT, esses resultados nos guiam para melhorar cada vez mais nosso sistema. De acordo com as avaliações percebemos que o RtmT é prático demais, deixando de lado questões teóricas importantes, isso será atacado em trabalhos futuros.

Ao fim desse trabalho, posso apontar nossa maior contribuição ao cenário musical, o usuário pode aprender solfejo rítmico de forma pratica, percutindo os ritmos num tambor ou batendo em qualquer outra superfície, o usuário não está mais limitado a aprender solfejo seguindo apenas exercícios teóricos e estáticos. A execução é uma parte importantíssima da música e é negligenciada pelos softwares que se propunham a ensinar solfejo. Trazemos também a ideia de software colaborativo, onde a comunidade pode criar os ritmos e disponibilizar a todos, aumentando o material didático do sistema. Esse material contribuinte tende a ser cada vez mais complexo de acordo com a experiência dos colaboradores, ensinando ao usuário vários ritmos.

Pensando em trabalhos futuros, aumentaremos o foco teórico sem deixar de lado a ideia principal do sistema, a execução do aluno. Criaremos exercícios completos de múltipla escolha acerca da teoria, visando tratar de forma mais apurada o conteúdo abordado nas apostilas. Pretendemos fazer duas melhorias técnicas no Rhythm Teacher, a primeira seria um reconhecimento de voz mais preciso, que permitisse o programa verificar se o usuário cantou a duração correta da nota. A segunda melhoria requer mais tempo por ser mais complexa, tentaremos distinguir qual nota o aluno está cantando, para assim poder fazer exercícios mais complexos. Com essas duas melhorias o sistema será capaz de detectar a nota, o momento que ela foi tocada e sua duração, fazendo o RtmT um software completo, capaz de ensinar solfejo rítmico e melódico.

## REFERÊNCIAS

**FONTES, M. R. M.; GUERRINI, I. A.; PETRAGLIA, M. S. ESTUDOS SOBRE A AÇÃO DE VIBRAÇÕES ACÚSTICAS E MÚSICA EM ORGANISMOS VEGETAIS.** UNESP, Universidade Estadual Paulista(UNESP), instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, v.1, n.1, p.80, 2008. Disponível em: <[http://musicaeadoracao.com.br/recursos/arquivos/efeitos/musica\\_vegetais.pdf](http://musicaeadoracao.com.br/recursos/arquivos/efeitos/musica_vegetais.pdf)> Acesso em: 1 ago. 2014

**JUCÁ, S. C. S. A relevância dos softwares na educação profissional.** Ciência e Cognição 2006, Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE), v. 8, n.1, p.1,22-26, 2006. Disponível em: <[http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v08/cec\\_vol\\_8\\_m32689.pdf](http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v08/cec_vol_8_m32689.pdf)> Acesso em: 1 ago. 2014

**A musica e o cerebro.** Disponível em: <<http://www.psiqweb.med.br/site/?area=NO/LerNoticia&idNoticia=336>> Acesso em: 1 ago. 2014

**eMusic Theory.** Disponível em: <<http://www.emusictheory.com/practice/rhythmDict.html#.U-LLnfdVVC>> Acesso em: 6 ago. 2014

**GNU Solfege.** Disponível em: <<http://www.solfege.org/>> Acesso em: 6 ago. 2014

**JMathPlot.** Disponível em: <<https://code.google.com/p/jmathplot/>> Acesso em: 7 ago. 2014

**LenMusic.** Disponível em: <<http://lenmus.sourceforge.net/mws/noticias>> Acesso em: 2 ago. 2014

**MusicG.** Disponível em: <<https://code.google.com/p/musicg/>> Acesso em: 7 ago. 2014

**NoteFlight..** Site para edição de partituras online Disponível em: <<http://www.noteflight.com/demo>> Acesso em: 4 ago. 2014

**solfeggiomaestro.** Disponível em: <<http://www.solfeggiomaestro.com/>> Acesso em: 6 ago. 2014

**Teoria Musical, de Ricci Adams.** Disponível em: <<http://www.jazzbossa.com/teoria>> Acesso em: 5 ago. 2014

**Understanding and using Java MIDI audio.** Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/library/it/it-0801art38/>> Acesso em: 7 ago. 2014