

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIC-UEM
DEPARTAMENTO DE MÚSICA**

**IMPLEMENTAÇÃO E TESTE DE UM APLICATIVO ONLINE
MULTIMÍDIA EM JAVASCRIPT PARA A APLICAÇÃO E CORREÇÃO
AUTOMÁTICA DE EXERCÍCIOS DE ENCADEAMENTO
HARMÔNICO HOMOFÔNICO A 4 VOZES COMO COMPONENTE DE
ENSINO-APRENDIZADO ONLINE ASSÍNCRONO DE INTRODUÇÃO
AO ESTUDO DA HARMONIA MUSICAL DE PRÁTICA COMUM**

Relatório contendo os resultados finais do projeto de iniciação científica vinculado ao PIC - UEM.

Orientador:
Prof. Dr. Marcus Alessi Bittencourt

Acadêmica:
Ana Clara Carrijo Martins

Maringá

2018

RESUMO

Este projeto de pesquisa visou a criação de um aplicativo computacional online em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, para ser implantado como material instrucional multimídia online de tipo assíncrono em auxílio às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM. No desenvolvimento desta pesquisa, foi inicialmente feito um levantamento, estudo e fichamento de material bibliográfico para fundamentar a investigação das tecnologias de ensino-aprendizagem online disponíveis atualmente aos acadêmicos da UEM, tais como a plataforma Moodle, tecnologias de audio/video streaming e audio/video codecs. Foram também estudados os elementos básicos de escrita de páginas de internet em HTML e CSS, e da linguagem de programação JavaScript, com seus APIs Web Audio e VexFlow. Após estes estudos, o aplicativo em questão foi escrito e alojado no *site* do DMU para testes e preparado para uso efetivo pelos acadêmicos da disciplina Harmonia Tonal. Estima-se que o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios harmônicos resultante desta pesquisa será capaz de prover um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo um acompanhamento online automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento e em qualquer lugar, aumentando expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos discentes.

Palavras-chave: Música; Desenvolvimento Web; Ensino musical; Harmonia musical.

1. INTRODUÇÃO.

Há séculos, as preocupações com a construção e a compreensão de uma lógica de discurso em relação à manipulação de combinações simultâneas de sons de altura definida e seu desenvolvimento horizontal têm sido congregadas para estudo na disciplina chamada Harmonia Musical. Grande parte do trabalho teórico relacionado a esta disciplina envolve a localização de tratos paradigmáticos recorrentes nas práticas e repertórios musicais históricos e a formulação de conceitos e modelos capazes de explicar, classificar, interrelacionar e especialmente replicar tais práticas. Desta teorização da Harmonia Musical surge um sistema de construtos, de concepções mentais musicais e de procedimentos composicionais, além de um sistema de símbolos e jargões, que são utilizados como pontos de acesso semântico aos conceitos teóricos formulados. É a partir deste mesmo sistema teórico, completo com suas tipologias de construtos mentais e de modelos de elementos estruturadores musicais, identificados pelos seus jargões e suas simbologias, que é formado, em última instância, o próprio imaginário musical dos músicos. Neste sentido, lembrando aqui a notória frase do físico teórico alemão Albert Einstein na qual "é a teoria que decide aquilo que somos capazes de observar" (Einstein apud ANDERSON, 2008: 45), o estudo da Harmonia forma um importante círculo de retroalimentação, pois se são as práticas musicais que inicialmente geram a necessidade da construção de um arcabouço de concepções teóricas a seu respeito, em um segundo momento são estas concepções teóricas que justamente ganham o papel de informar e dirigir a compreensão, o desenvolvimento e a transformação futura daquelas práticas musicais.

Exatamente por isso, o comando da disciplina de Harmonia Musical é uma questão incontestavelmente vital para o treinamento profissional de qualquer músico. Esta disciplina, como formadora de base de um pensamento e concepção musicais, é também especialmente importante como fundamentação teórica das disciplinas de Análise Musical e Composição, cujos estudos, para serem bem-sucedidos, necessitam da absorção e do domínio prévios do conteúdo da Harmonia. Devido ao pequeno número de docentes das áreas de conhecimento de Composição Musical e Musicologia Teórica no Departamento de Música da UEM, as disciplinas de Harmonia e Análise Musical de seu Curso de Graduação em Música foram otimizadas à mínima carga horária possível operacional, sendo que o conteúdo relativo ao aprendizado básico da Harmonia Musical Tonal, que antes da otimização era feito em duas

disciplinas anuais de 68 horas/aula cada, ficou restrito a uma disciplina apenas, a saber, Harmonia Tonal, com 68 h/a e ministrada semestralmente no segundo semestre da 1ª série de todas as habilitações do curso.

Neste formato, ministrado em periodicidade semestral e com quatro aulas por semana, uma dupla aula no início da semana e outra ao final, o ensino da Harmonia Tonal tornou-se uma disciplina concentrada e bastante intensa, especialmente considerando-se que esta disciplina atende aos calouros do curso e que muitos destes demonstram ter conhecimento musical prévio insuficiente e/ou inadequado para iniciar estudos de Harmonia, mesmo após a triagem da prova de habilidade específica do vestibular. Após quatro anos de experimentação lecionando esta disciplina neste formato semestral, o docente do DMU responsável por esta disciplina (que é o próprio orientador deste projeto de pesquisa de iniciação científica) relata que apesar do índice de reprovação na disciplina ser razoavelmente baixo – cerca de 3% ou menos dos matriculados –, uma média de 50% dos estudantes terminam todos os anos por necessitar da realização de avaliação final para serem aprovados. Considerando isto, se a metodologia pedagógica presencial utilizada nas aulas já se demonstra eficiente para promover um razoável bom treinamento com aprovação quase integral das turmas, existe, no entanto, claramente a necessidade de providenciar um maior auxílio aos estudantes da disciplina, que com conhecimento prévio insuficiente acabam por ter tempo exíguo durante a oferta da disciplina para uma maturação melhor do difícil conteúdo estudado. Fica evidenciada aqui a existência de espaço para aperfeiçoamento da metodologia pedagógica das aulas, com a finalidade de promover um aprendizado mais eficiente, sólido e bem-sucedido deste conteúdo da Harmonia, de uma maneira especialmente mais útil aos estudos futuros dos acadêmicos nas demais disciplinas do curso.

Na problemática especial da disciplina de Harmonia Tonal na UEM, destaca-se em específico o caso dos chamados exercícios harmônicos de encadeamento homofônico a 4 vozes. No desenvolvimento dos estudos de Harmonia Musical, este tipo de exercício tem sido há centenas de anos (cf. SCHENKER, 1954: 178-180) o principal meio de treinamento pedagógico e de verificação de aprendizado utilizado no ensino desta disciplina (cf. SCHOENBERG, 2001: 49-54; ZAMACOIS, 1984: 38-40). Estes exercícios têm como objetivo construir na mente do músico aprendiz a concepção de uma ossatura fundamental harmônica que serve de coluna mestra em um processo no qual combinações simultâneas de sons de altura definida se movimentam melodicamente, por meio dos chamados princípios de

condução de vozes, e se desdobram em processos de prolongamento através do tempo, um conceito cristalizado teoricamente na ideia Schenkeriana de *Auskomponierung*, ou desdobramento composicional (Oswald Jonas apud SCHENKER, 1954: ix). No processo efetivo de composição musical, esta ossatura harmônica é utilizada como um ponto de partida ao redor do qual eventualmente terminam tecidos todos os elementos musicais melódicos diferenciados e individualizados que formam, ao final deste processo, uma composição musical em sua completude.

Assim, o principal objetivo de uma disciplina acadêmica de Harmonia Musical é justamente o de instrumentalizar o estudante para que ele seja capaz de compreender e escrever encadeamentos harmônicos homofônicos a 4 vozes, utilizando o vocabulário harmônico e os conceitos musicais teóricos apresentados e desenvolvidos durante os estudos. No formato condensado em que esta disciplina é ministrada na UEM e considerando-se o grande número de alunos nela matriculados, é impraticável ao docente uma atenção e um acompanhamento mais personalizados aos trabalhos individuais de cada estudante, que no ritmo intenso da disciplina avolumam-se rapidamente, semana a semana. Sem um acompanhamento mais individualizado, fica inviabilizada uma verificação constante e progressiva da evolução individual de cada estudante na disciplina.

É com este cenário em mente que foi pensada uma solução para esta problemática especial da oferta condensada da disciplina de Harmonia Tonal na UEM, especialmente no que tange ao problema relacionado ao acompanhamento individualizado pelo instrutor dos exercícios de encadeamento harmônico, com a proposição da criação de um aplicativo computacional online para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes. A ideia aqui é a de implantar este aplicativo como material instrucional multimídia online de tipo assíncrono para ser utilizado como suporte adicional às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM.

A ideia de ensino-aprendizado assíncrono online, ou rede assíncrona de aprendizado, envolve a instrução por meio de ambientes online via Internet que providenciam, através de um ferramental educacional computacional da tecnologia da informação, um ambiente no qual os momentos e locais de aprendizado ficam a critério do estudante, transcendendo limitações de tempo e de espaço (BOURNE, 1998: 70), em oposição ao aprendizado online síncrono, no

qual ocorre justamente uma interação em tempo real entre estudantes e instrutores (ALLY, 2008: 17). As opções terminam por convergir naturalmente para esta solução, pois as facilidades tecnológicas de hoje, com a massificação do uso de *blogs* e de sistemas de gerenciamento e distribuição online de conteúdo instrucional, tais como o *Blackboard* e o *Moodle*, criam ambientes nos quais educadores e estudantes podem criar e atualizar conteúdo instrucional com facilidade sem a necessidade direta de auxílio de programadores e profissionais da computação (ANDERSON, 2008: 54). A plataforma *Moodle* inclusive já se encontra atualmente implantada na UEM, sendo largamente utilizada pelos seus docentes.

2. OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA.

2.1. OBJETIVOS.

- **Objetivo Geral:**

1. Desenvolver um aplicativo online multimídia em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, a ser disponibilizado como material instrucional multimídia para o ensino-aprendizado online assíncrono de introdução ao estudo da Harmonia Musical Tonal, aplicado como suporte às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM.

- **Objetivos Específicos:**

1. Estudar as tecnologias disponíveis atualmente para o ensino-aprendizagem online multimídia assíncrono, no que tange ao contexto específico do ensino introdutório da Harmonia Musical Tonal em nível de graduação;
2. estudar os elementos básicos de escrita de páginas de internet em HTML e CSS e da linguagem de programação JavaScript, com seus APIs *Web Audio* e *Vexflow*, no que tange à implementação de um aplicativo online multimídia para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes;
3. aplicar os estudos realizados na confecção efetiva de um aplicativo online multimídia em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, a ser disponibilizado

online como suporte às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música;

4. escrever um artigo científico formalizando as pesquisas realizadas;
5. acrescentar todo material bibliográfico produzido pela pesquisa no site wiki de documentação do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) da UEM.

2.2. JUSTIFICATIVA.

Considerando a grande importância do ensino da disciplina da Harmonia Musical para a formação profissional de um músico e a problemática pedagógica explicitada na introdução deste projeto a respeito das especificidades de sua oferta condensada e intensa no Curso de Graduação em Música da UEM, a pesquisa de Iniciação Científica aqui proposta justifica-se à medida que seus resultados atendem justamente àquela problemática pedagógica, com o desenvolvimento e a implementação de um componente importante de um ferramental online multimídia de auxílio pedagógico de caráter assíncrono a ser disponibilizado aos alunos do Curso de Graduação em Música da UEM durante o próprio período de oferta da disciplina presencial de Harmonia Tonal, complementando fortemente as atividades presenciais usuais desta disciplina e ficando ainda possivelmente disponível para ser utilizado – e principalmente reutilizado – durante a aplicação das demais disciplinas das demais séries do curso que se embasam no domínio da Harmonia, visando o reforço e a solidificação deste conteúdo fundamental do aprendizado musical. Em especial, o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes resultante desta pesquisa demonstra-se capaz de prover um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo um acompanhamento online de tipo assíncrono, ou seja, automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento em qualquer lugar, à realização dos exercícios de encadeamento pelos alunos. A estimativa é a de que este material instrucional multimídia online aumente expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos alunos.

Este projeto de Iniciação Científica ainda se integra de maneira expressiva nas atividades de pesquisa, ensino e extensão do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) do Departamento de Música da UEM, criado em 2006 e cadastrado no diretório de

grupos de pesquisa do CNPq. Somando-se às atividades de pesquisa do LAPPSO, este estudo ajudará com os esforços de produção de material bibliográfico do laboratório, acrescentando os fichamentos, resumos, análises e escritos originais produzidos pela pesquisa ao website wiki de documentação do LAPPSO.

2.3. METODOLOGIA.

Esta pesquisa se iniciou com o levantamento, estudo e fichamento do material bibliográfico que fundamenta: a) a investigação das tecnologias de ensino-aprendizagem online disponíveis atualmente aos acadêmicos da UEM, tais como a plataforma *Moodle*, tecnologias de audio/video streaming e audio/video codecs, que são introduzidas em MCGREAL & ELLIOTT (2008), por exemplo; b) o estudo dos elementos básicos de escrita de páginas de internet em HTML e CSS, e da linguagem de programação JavaScript, com seus APIs *Web Audio* e *Vexflow*, que foi realizado segundo BROOKS (2007), CROMPTON (2017), DUCKETT (2010) e EASTTOM (2008); e c) a metodologia pedagógica e o conteúdo teórico musical relacionados aos exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes ministrados na disciplina de Harmonia Tonal do Curso de Música da UEM, segundo os trabalhos de BITTENCOURT (2013a, 2013b), RIEMANN (1903), SCHOENBERG (2001) e ZAMACOIS (1984).

A estes estudos iniciais seguiu-se a montagem efetiva do aplicativo e a sua implantação no sítio do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora do DMU-UEM (LAPPSO) para fins de testes privativos iniciais. Após esta etapa de testes, o aplicativo foi preparado para o seu primeiro período de uso efetivo por acadêmicos da UEM, a ser realizado já durante o segundo semestre de 2018, período no qual o aplicativo será efetivamente utilizado por acadêmicos do Curso de Graduação em Música da UEM da disciplina Harmonia Tonal.

O projeto finalizou-se com a formalização da pesquisa realizada em formato de artigo científico, o que incluiu ainda a transferência dos materiais bibliográficos e instrucionais multimídia gerados pela pesquisa para o website wiki de documentação do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) da UEM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

3.1. O DESIGN DO APLICATIVO.

Uma vez que o aplicativo de correção de exercícios de Harmonia era pretendido para ser utilizado como material instrucional online de tipo assíncrono, foi bastante natural a escolha de programá-lo em Javascript, pois assim tal aplicativo ficaria acessível a partir de qualquer dispositivo computacional capaz de se conectar à internet.

Outro ponto importante que levou à escolha do Javascript para a programação do aplicativo foi que, do ponto de vista computacional, todos os componentes fundamentais de código necessários para a montagem do aplicativo já existiam prontos e estavam disponíveis gratuitamente na internet, a saber:

- o HTML (HyperText Markup Language, ou linguagem de marcação de hipertexto), que é uma linguagem de marcação utilizada ubiquamente na construção de páginas na Web que são interpretadas por softwares navegadores da Internet (BROOKS, 2007: 163);
- o CSS (*Cascading Style Sheets*), que é um simples mecanismo para adicionar formatação e estilos a um documento em HTML;
- o próprio JavaScript, que é uma linguagem de programação orientada a objetos projetada para a manipulação de conteúdo em documentos HTML (BROOKS, 2007: 164), que roda dentro do ambiente comum gerenciado por simples navegadores de internet;
- o *Web Audio API* (*Application Programming Interface*, ou interface para programação de aplicativos), que é uma biblioteca implementada em Javascript que permite a realização de tarefas em tempo real de síntese sonora e de mixagem de áudio dentro do ambiente HTML comum gerenciado por simples navegadores de internet (ver <<https://webaudio.github.io/web-audio-api>>); esta biblioteca serviu, por exemplo, para criar o componente sonoro de audição do conteúdo musical dos exercícios ministrados pelo aplicativo;
- o Vexflow, que é uma API implementada em Javascript que permite a renderização em excelente qualidade de partituras musicais online em imagens SVG (vetoriais) dentro do ambiente HTML comum gerenciado por simples

navegadores de internet. Esta API foi criada pelo programador Mohit Muthanna (conhecido como 0xFE) e está disponível em <http://www.vexflow.com> (cf. SLOVÁK & LÁTAL, 2013; CROMPTON, 2017); esta biblioteca serviu para agenciar os elementos de notação musical dos exercícios ministrados pelo aplicativo.

Cabe aqui sublinhar que o interesse nestes tópicos por pesquisadores da área de Música não é incomum: atualmente, para resolver tarefas e problemas computacionais relacionados a atividades de pesquisa, é útil para pesquisadores de todas as áreas ter uma compreensão e habilidades básicas com ferramentas computacionais de programação (cf. BROOKS, 2007: v). Neste sentido, ferramentas tais como o HTML, o Javascript e mesmo linguagens mais antigas e tradicionais como C e C++ estão hoje em dia amplamente disponíveis para o uso e o aprendizado por pessoas não ligadas diretamente à área de Ciência da Computação que, não importando a sua área de estudo, têm apenas a se beneficiar com a aquisição de habilidades básicas de programação. Neste sentido, na área de Música também não é diferente, e o aprendizado de linguagens computacionais é inclusive incentivado para os acadêmicos pesquisadores do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) do Departamento de Música da UEM.

Também pela escolha de programação em Javascript, o mais natural foi projetar o material para ser acondicionado em um site específico na internet. Assim, foi inicialmente preparado um projeto de design gráfico para servir de padrão para o *site* como um todo. Neste âmbito, um *template* foi criado para caracterizar graficamente o *site* e remetê-lo ao mundo do fazer musical. Um exemplo disto é o seu *background*, que mostra uma foto estilizada de uma partitura. Decidiu-se também batizar o professor autômato instanciado pelo aplicativo de “Cherubini”, isto em homenagem ao notório compositor e pedagogo musical Luigi Cherubini (1760-1842) do *Conservatoire de Paris*. Assim, o site foi tornado disponível a partir do seguinte link:

<http://www.dmu.uem.br/lappso/cherubini>

3.2. AS ESTRUTURAS DO *SITE* E DO APLICATIVO.

Ao abrir o site, a página *Home* é aberta mostrando a apresentação do *site*, com a barra de navegação na parte superior, o nome do aplicativo no meio e, na parte inferior, um *link* para o site do LAPPSO (ver Fig. 1).



Figura 1.
Página *Home* do *site* do aplicativo.

Com a barra de navegação, é possível navegar pelas outras páginas do site, que são: “Sobre”, “Cherubini” (onde reside o aplicativo propriamente dito), “Contato” e “Aulas”.

Em “Sobre”, está contido um breve resumo deste projeto, acompanhado do resumo de uma série de videoaulas, que é uma pesquisa de Iniciação Científica irmã a esta, realizada pelo acadêmico Eduardo Carvalho também sob a orientação do Prof. Marcus Bittencourt. O texto preparado para esta página foi o seguinte:

Este projeto, iniciado como uma pesquisa de Iniciação Científica realizada pela discente Ana Clara Carrijo Martins sob orientação do Prof. Dr. Marcus Alessi Bittencourt, veio em resposta a uma problemática pedagógica que diz respeito à especificidade de uma oferta bastante condensada e intensa da disciplina Harmonia Musical no Curso de Graduação em Música da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Considerando a grande importância do ensino desta disciplina para a formação profissional de um músico e em especial a dificuldade de manter um acompanhamento individualizado pelo instrutor a cada

aluno na solução de exercícios de encadeamento harmônico, este projeto de pesquisa propôs a criação de um aplicativo computacional online em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, a ser implantado como material instrucional multimídia online de tipo assíncrono e utilizado como suporte adicional às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM. Esta ideia de ensino-aprendizado assíncrono online, ou rede assíncrona de aprendizado, envolve a instrução por meio de ambientes online via Internet que providenciam, através de um ferramental educacional computacional da tecnologia da informação, um ambiente no qual os momentos e locais de aprendizado ficam a critério do estudante, transcendendo limitações de tempo e de espaço, em oposição ao aprendizado online síncrono, no qual ocorre justamente uma interação em tempo real entre estudantes e instrutores.

Para a implementação do aplicativo de correção de exercícios de Harmonia, apelidado aqui de “Cherubini” em homenagem ao notório compositor e pedagogo musical Luigi Cherubini (1760-1842) do *Conservatoire de Paris*, foram utilizados os seguintes elementos básicos de programação: a) os elementos de escrita de páginas de internet em HTML (HyperText Markup Language, ou linguagem de marcação de hipertexto), que é uma linguagem de marcação utilizada ubiqüamente na construção de páginas na Web que são interpretadas por softwares navegadores da Internet; b) o CSS (Cascading Style Sheets), que é um simples mecanismo para adicionar formatação e estilos a um documento em HTML; c) a linguagem de programação JavaScript, que é uma linguagem de programação orientada a objetos projetada para a manipulação de conteúdo em documentos HTML e que roda dentro do ambiente comum gerenciado por simples navegadores de internet, sem a necessidade de instalação adicional de nenhum elemento de software; d) o API Web Audio, que é uma biblioteca implementada em Javascript que permite a realização de tarefas em tempo real de síntese sonora e de mixagem de áudio dentro do ambiente HTML interpretado por navegadores de internet, cujo uso serve para criar o componente sonoro de audição do conteúdo musical dos exercícios ministrados pelo aplicativo; e e) o API VexFlow, que é uma biblioteca implementada em Javascript que permite a renderização de partituras musicais online em imagens SVG (vetoriais) de qualidade igualmente dentro do ambiente HTML interpretado por navegadores de internet, cujo uso serve para agenciar os elementos de notação musical dos exercícios ministrados pelo aplicativo. O aplicativo criado opera segundo a metodologia pedagógica e o conteúdo teórico musical relacionados aos exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, conforme o conteúdo programático da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Música da UEM, que é embasado nos trabalhos do Prof. Marcus Bittencourt.

Espera-se que o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes resultante desta pesquisa seja capaz de prover um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo um acompanhamento online de tipo assíncrono, ou seja, automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento em qualquer lugar, à realização dos exercícios de encadeamento pelos alunos. Como o aplicativo foi criado por meio do Javascript, o usuário poderá acessar o aplicativo a partir de qualquer dispositivo computacional, incluindo *tablets* e *smartphones*, e não será necessária a instalação de nenhum software adicional além de um simples navegador de internet. A estimativa é a de que este material instrucional multimídia online aumente expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos alunos.

Este projeto é ainda irmão de uma outra pesquisa de Iniciação Científica, realizada pelo discente Eduardo Figueiredo de Carvalho igualmente sob orientação do Prof. Bittencourt, que desenvolve uma série de videoaulas também para serem utilizadas como material didático de apoio para as aulas da disciplina de Harmonia Tonal do Curso de Música da UEM. O conteúdo destes vídeos será disponibilizado tanto para a comunidade interna à universidade como à externa por meio de um canal do YouTube e também por este site.

(conteúdo de <<http://www.dmu.uem.br/lappso/cherubini/sobre.html>>)

Na página “Contato” é apresentado um formulário, por meio do qual o usuário pode enviar à equipe do projeto mensagens, críticas, dúvidas e sugestões diretamente pelo *site*. Esta mensagem é encaminhada para o e-mail também utilizado para o canal Harmonia Tonal do YouTube, criado pelo acadêmico Eduardo Carvalho e pelo Prof. Bittencourt.

Na página “Aulas”, encontram-se efetivamente os *links* para as videoaulas mencionadas, na forma de uma *playlist* implementada com o código *iframe*, que o próprio YouTube disponibiliza para colocar qualquer um de seus conteúdos de vídeo em *sites* de terceiros. Com essa página, o usuário terá mais facilidade de encontrar o canal, além de ter todo o conteúdo online assíncrono de auxílio preparado para a disciplina Harmonia Tonal em um lugar só. A *playlist* foi criada em ordem e sempre que um novo vídeo é inserido na *playlist* do YouTube ele é automaticamente carregado na *playlist* do *site* do Cherubini.

Na última página, “Cherubini”, é onde efetivamente se encontra o aplicativo de aplicação e correção de exercícios harmônicos criado por este projeto. A interface criada para o aplicativo é mostrada na Figura 2. Por meio desta interface, o usuário consegue visualizar e selecionar os exercícios de encadeamento propostos, que são apresentados segundo a notação analítica utilizada na disciplina de Harmonia Tonal, embasada em BITTENCOURT (2013a, 2013b). O usuário pode também escolher a tonalidade do exercício dentre 15 diferentes (relativas às armaduras de clave de até sete sustenidos ou sete bemóis). A inserção das notas e acidentes do exercício é feita selecionando-se o modo “notas” e selecionado-se a voz a ser entrada, dentre soprano, alto, tenor e baixo. Após esta seleção, o usuário pode inserir por meio do *mouse* as notas para cada uma das quatro vozes do exercício proposto, clicando por sobre as linhas e espaços dos pentagramas. Para apagar uma nota, o usuário apenas precisa clicar por sobre uma nota já entrada e ela desaparece; para apagar o exercício em sua totalidade, há um botão “apagar” para realizar tal ação. Para a inserção de acidentes, seleciona-se o modo “acidentes” e igualmente seleciona-se a voz a ser entrada; o usuário a partir daí clica por sobre a nota entrada a ser acidentada, clicando tantas vezes quanto forem necessárias para aparecer o acidente específico desejado. Esta estratégia de *input* foi pensada para ser simples o suficiente para permitir também o manejo do aplicativo apenas com as pontas dos dedos em dispositivos *tablets* ou *smartphones*. Na interface, há também um botão de *play/stop* e controles de volume à disposição do usuário para iniciar a execução sonora do exercício por ele escrito, cujo áudio é mixado em tempo real a partir de amostras pré-gravadas de notas individuais cantadas por coralistas humanos reais.

Uma vez anotado o exercício, o usuário pode requerer ao professor autômato a sua correção, selecionando o modo “corrigir”. A partir daí o aplicativo Cherubini se comunicará com o usuário por meio de um simulacro de *chatbox* que aparecerá ao redor do ponteiro do *mouse*. Ao realizar a correção, o aplicativo marcará de vermelho as notas que estão incorretas e, quando o usuário clicar por sobre uma nota vermelha, informará pela *chatbox* quais exatamente foram os erros naquele ponto cometidos. Há dois modos de correção que podem ser selecionados pelo usuário: “integral” e “em etapas”. No modo “integral” (que é o *default*), todos os erros são computados e mostrados de uma só vez; no modo “em etapas”, os erros são verificados segundo uma ordem específica e revelados ao usuário em etapas, à medida que este vai vencendo cada um dos níveis de correção.

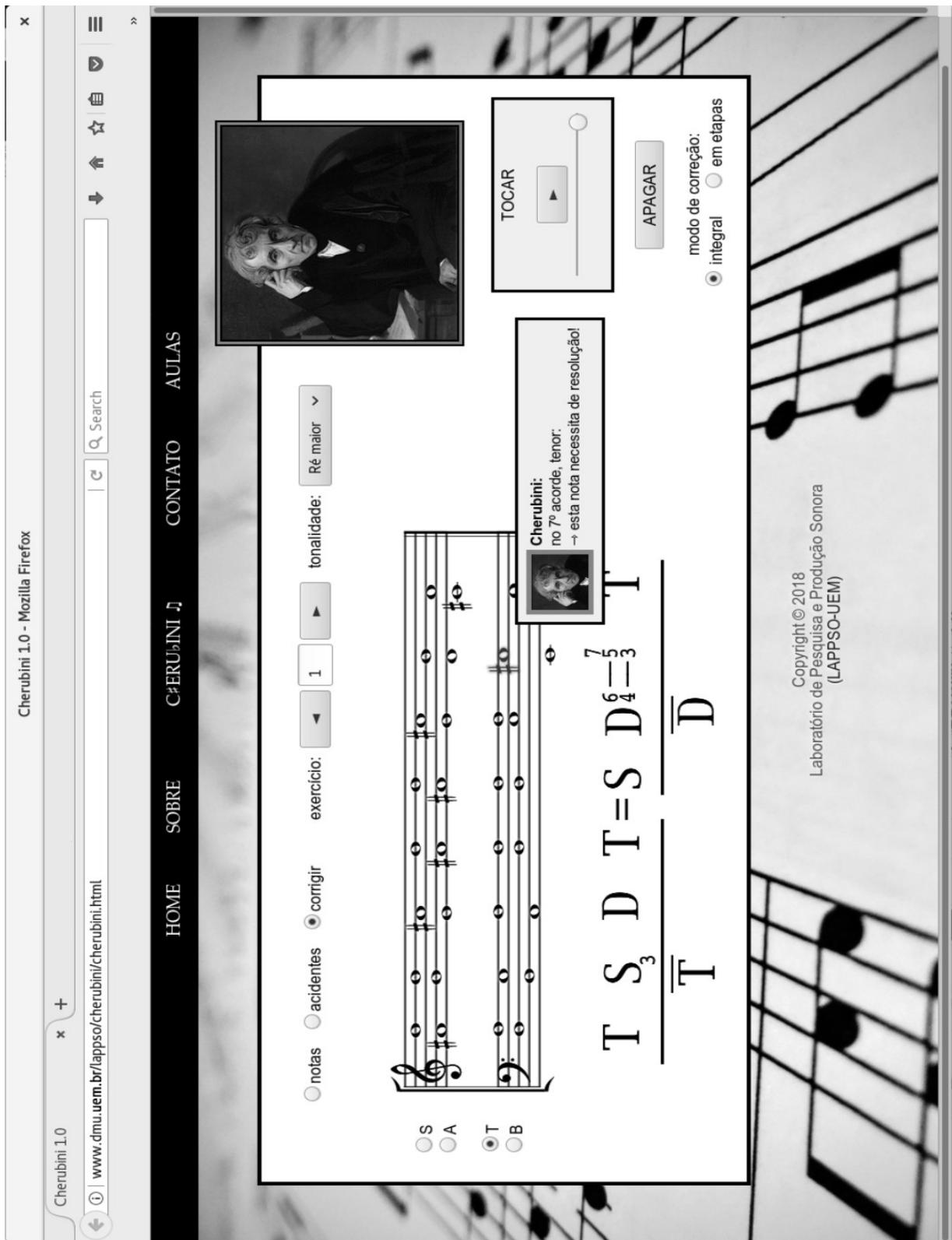


Figura 2. Interface do aplicativo Cherubini.

Sobre a ordem da verificação de erros, esta é realizada em 13 níveis, nos quais são verificados os seguintes problemas, nesta exata ordem:

- 1) a falta de bequadro para cancelar acidente ocorrente anteriormente dado;
- 2) a existência de notas que não pertencem aos acordes propostos pelo exercício;
- 3) a falta de bequadro para cancelar acidente da armadura de clave implícita;
- 4) a existência de cruzamento de vozes;
- 5) a existência de notas fora da tessitura das suas respectivas vozes;
- 6) a existência de nota do baixo que não foi a pedida no exercício;
- 7) problemas de espaçamento entre as vozes;
- 8) a existência de acordes que não estão completos ou incompletos de forma correta;
- 9) a existência de dobramentos proibidos;
- 10) a não realização de resoluções e preparações obrigatórias;
- 11) a presença de movimentos melódicos dissonantes e/ou muito grandes;
- 12) a presença de voz ultrapassando a última posição ocupada por uma voz adjacente;
- 13) a existência de oitavas ou quintas paralelas ou diretas sem mediação de grau conjunto.

O modo de correção “em etapas” é conveniente especificamente para usuários mais iniciantes, providenciando um ambiente de aprendizado que vai evoluindo gradualmente em nível de dificuldade, levando o aprendiz a lidar aos poucos com os diferentes tipos de erros deste tipo de exercício. Já o modo de correção “integral” serve para treinar o usuário em um nível de dificuldade comparável àquele encontrado nos exercícios a serem apresentados nas provas e avaliações da disciplina acadêmica de Harmonia Tonal e em tarefas musicais da vida profissional real de um músico, em que é necessária uma atenção mais holística por parte do aprendiz.

3.3. O USO EFETIVO PEDAGÓGICO DO APLICATIVO.

Para ser efetivamente utilizado como suporte adicional às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM, o

aplicativo Cherubini tem que ser carregado com exercícios específicos de encadeamento harmônico. Para isto, o aplicativo conta com um banco de dados de exercícios, que deve ser alimentado pelo instrutor da disciplina durante o período de ministração das aulas, à medida que os diferentes conteúdos da disciplina vão sendo introduzidos. Neste sentido, o aplicativo foi preparado para poder lidar com exercícios que versam sobre absolutamente todos os itens contidos no conteúdo programático da disciplina de Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM, o que inclui exercícios sobre fórmulas cadenciais contendo todos os diversos tipos de tríades, tétrades, pêntades e suas inversões, empréstimos harmônicos e modais, alterações cromáticas e ainda contendo modulações não-pivotadas e modulações pivotadas, tanto diatônicas como enharmônicas.

4. CONCLUSÕES.

Estima-se que o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes resultante desta pesquisa já seja capaz de prover um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo assim um acompanhamento online de tipo assíncrono, ou seja, automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento em qualquer lugar, à realização dos exercícios de encadeamento pelos alunos. Como o aplicativo foi criado por meio do Javascript, o usuário poderá acessar o aplicativo a partir de qualquer dispositivo computacional, incluindo *tablets* e *smartphones*, e não será necessária a instalação de nenhum software adicional além de um simples navegador de internet. A estimativa é a de que este material instrucional multimídia online aumente expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos alunos. Após uma etapa inicial de testes privados, o aplicativo foi preparado para o seu primeiro período de uso efetivo por acadêmicos da UEM, a ser realizado já durante o segundo semestre de 2018, período no qual o aplicativo será efetivamente utilizado por acadêmicos do Curso de Graduação em Música da UEM da disciplina Harmonia Tonal. Projeta-se para o futuro um novo estudo avaliando os efeitos reais pedagógicos do uso do aplicativo Cherubini na evolução dos discentes da disciplina Harmonia Tonal, o que deve ser feito após ao menos um ou dois ciclos completos semestrais daquela disciplina.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALLY, Mohamed. Foundations of Educational Theory for Online Learning. In: ANDERSON, Terry (editor). *The Theory and Practice of Online Learning* (2nd ed.). Edmonton, Canada: AU Press, Athabasca University, 2008, p. 15-44.
- ANDERSON, Terry. Towards a Theory of Online Learning. In: ANDERSON, Terry (editor). *The Theory and Practice of Online Learning* (2nd ed.). Edmonton, Canada: AU Press, Athabasca University, 2008, p. 45-74.
- BITTENCOURT, Marcus Alessi. Reimagining a Riemannian symbology for the structural harmonic analysis of 19th-century tonal music. *Revista Vórtex* vol. 1, n. 2. Curitiba: EMBAP, p.30-48, 2013(a).
- BITTENCOURT, Marcus Alessi. O Arcabouço de uma Proposta de Metodologia Analítica para o Tonalismo do Século XIX: uma revisão taxonômica da teoria da modulação. *Revista Música Hodie*, Goiânia, V.13 - n.1, p. 135-154, 2013(b).
- BOURNE, John R.. Net-learning: strategies for on-campus and off-campus network-enabled learning. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, Volume 2, Issue 2, p. 70-88, 1998.
- BROOKS, David R.. *An Introduction to HTML and JavaScript for Scientists and Engineers*. London: Springer-Verlag, 2007.
- CROMPTON, Paul. *The VexFlow Tutorial*. Disponível em: <<https://github.com/0xfe/vexflow/wiki/The-VexFlow-Tutorial>>. Acesso em 08 de abril de 2017.
- DUCKETT, Jon. *Beginning HTML, XHTML, CSS, and JavaScript*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2010.
- EASTTOM, Chuck. *Advanced JavaScript* (3rd ed.). Plano, Texas: Wordware Publishing, Inc., 2008.
- McGREAL, Rory; ELLIOTT, Michael. Technologies of Online Learning (E-Learning). In: ANDERSON, Terry (editor). *The Theory and Practice of Online Learning* (2nd ed.). Edmonton, Canada: AU Press, Athabasca University, 2008, p. 143-166.
- RIEMANN, Hugo. *Harmony Simplified ; or, The theory of the tonal functions of chords*. London: Augener & Co., 1903.
- SCHENKER, Heinrich. *Harmony*. Chicago: University of Chicago Press, 1954.
- SCHOENBERG, Arnold. *Harmonia*. São Paulo: Editora UNESP, 2001.
- SLOVÁK, Dalibor; LÁTAL, Petr. Main functional parts of Multilevel supporting system for special forms of learning and their usage. In: *Proceedings of the 2013 International Conference on Education and Educational Technologies (EET 2013)*, Greece: EET 2013, 2013. p. 244-248.
- ZAMACOIS, J. *Tratado de armonia* (três volumes). Barcelona: Labor, 1984.

IMPLEMENTAÇÃO E TESTE DE UM APLICATIVO ONLINE MULTIMÍDIA EM JAVASCRIPT PARA A APLICAÇÃO E CORREÇÃO AUTOMÁTICA DE EXERCÍCIOS DE ENCADEAMENTO HARMÔNICO HOMOFÔNICO A 4 VOZES COMO COMPONENTE DE ENSINO-APRENDIZADO ONLINE ASSÍNCRONO DE INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA HARMONIA MUSICAL DE PRÁTICA COMUM

Ana Clara Carrijo Martins (PIC/UEM) e-mail: anaccmartins97@gmail.com,
Marcus Alessi Bittencourt (Orientador), e-mail: mabittencourt@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Humanas,
Linguística, Letras e Artes/Maringá, PR.

Palavras-chave: Música, Desenvolvimento Web, Ensino musical, Harmonia musical.

Resumo:

Este projeto de pesquisa visou a criação de um aplicativo computacional online em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, para ser implantado como material instrucional multimídia online de tipo assíncrono em auxílio às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM. No desenvolvimento desta pesquisa, foi inicialmente feito um levantamento, estudo e fichamento de material bibliográfico para fundamentar a investigação das tecnologias de ensino-aprendizagem online disponíveis atualmente aos acadêmicos da UEM, tais como a plataforma Moodle, tecnologias de audio/video streaming e audio/video codecs. Foram também estudados os elementos básicos de escrita de páginas de internet em HTML e CSS, e da linguagem de programação JavaScript, com seus APIs Web Audio e VexFlow. Após estes estudos, o aplicativo em questão foi escrito e alojado no sítio do DMU para testes. Estima-se que o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios harmônicos resultante desta pesquisa proverá um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo um acompanhamento online automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento e em qualquer lugar, aumentando expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos discentes.

Introdução

Esta pesquisa de Iniciação Científica veio em resposta a uma problemática pedagógica que diz respeito à especificidade de uma oferta bastante condensada e intensa da disciplina Harmonia Musical no Curso de Graduação em Música da UEM. Considerando a grande importância do

ensino desta disciplina para a formação profissional de um músico e em especial a dificuldade de manter um acompanhamento individualizado pelo instrutor a cada aluno na solução de exercícios de encadeamento harmônico, este projeto de pesquisa propôs a criação de um aplicativo computacional online em Javascript para a aplicação e correção automática de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, a ser implantado como material instrucional multimídia online de tipo assíncrono e utilizado como suporte adicional às atividades didáticas presenciais da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Graduação em Música da UEM. Esta ideia de ensino-aprendizado assíncrono online, ou rede assíncrona de aprendizado, envolve a instrução por meio de ambientes online via Internet que providenciam, através de um ferramental educacional computacional da tecnologia da informação, um ambiente no qual os momentos e locais de aprendizado ficam a critério do estudante, transcendendo limitações de tempo e de espaço (BOURNE, 1998: 70), em oposição ao aprendizado online síncrono, no qual ocorre justamente uma interação em tempo real entre estudantes e instrutores.

Materiais e métodos

Esta pesquisa iniciou-se com o levantamento, estudo e fichamento de material bibliográfico que fundamenta a investigação das tecnologias de ensino-aprendizagem online disponíveis atualmente aos acadêmicos da UEM, tais como a plataforma Moodle e tecnologias de audio/video streaming e audio/video codecs. Foram também estudados os elementos básicos necessários para a programação do aplicativo em questão, a saber: a) os elementos de escrita de páginas de internet em HTML (HyperText Markup Language, ou linguagem de marcação de hipertexto), que é uma linguagem de marcação utilizada ubiquamente na construção de páginas na Web que são interpretadas por softwares navegadores da Internet (BROOKS, 2007: 163); b) o CSS (Cascading Style Sheets), que é um simples mecanismo para adicionar formatação e estilos a um documento em HTML; c) a linguagem de programação JavaScript, que é uma linguagem de programação orientada a objetos projetada para a manipulação de conteúdo em documentos HTML (BROOKS, 2007: 164) e que roda dentro do ambiente comum gerenciado por simples navegadores de internet, sem a necessidade de instalação adicional de nenhum elemento de software; d) o API Web Audio, que é uma biblioteca implementada em Javascript que permite a realização de tarefas em tempo real de síntese sonora e de mixagem de áudio dentro do ambiente HTML interpretado por navegadores de internet, cujo uso serve para criar o componente sonoro de audição do conteúdo musical dos exercícios ministrados pelo aplicativo; e e) o API VexFlow (CROMPTON, 2017), que é uma biblioteca implementada em Javascript que permite a renderização de partituras musicais online em imagens SVG (vetoriais) de qualidade igualmente dentro do ambiente HTML interpretado por navegadores de internet, cujo uso serve para agenciar os elementos de notação musical dos

exercícios ministrados pelo aplicativo. Após isto, foi estudada a metodologia pedagógica e o conteúdo teórico musical relacionados aos exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vozes, conforme o conteúdo programático da disciplina Harmonia Tonal do Curso de Música da UEM, que é embasado nos trabalhos de BITTENCOURT (2013). A estes estudos iniciais seguiu-se a montagem efetiva do aplicativo e a sua implantação no sítio do Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora do DMU-UEM (LAPPSO) para fins de testes privativos iniciais. Após esta etapa ainda em execução de experimentação privada, prevê-se para o futuro um período experimental no qual o aplicativo será efetivamente testado por acadêmicos do Curso de Graduação em Música da UEM.

Resultados e Discussão

O projeto já se encontra online no sítio do LAPPSO no endereço <http://www.dmu.uem.br/lappso/cherubini>, onde o usuário já consegue visualizar e selecionar os exercícios de encadeamento propostos (que são apresentados segundo a notação analítica utilizada na disciplina de Harmonia Tonal), além de poder escolher a tonalidade do exercício e inserir por meio do *mouse* as notas e os acidentes para cada uma das quatro vozes (soprano, contralto, tenor e baixo) do exercício proposto. Há também botões e controles de volume já operantes à disposição do usuário para iniciar a execução sonora do exercício por ele escrito, cujo áudio é mixado em tempo real a partir de amostras pré-gravadas de notas individuais cantadas por coralistas humanos reais. Na página existe ainda um simulacro de *chatbox* a partir do qual o usuário pode requisitar a correção do exercício ao autômato (o aplicativo), apelidado aqui de “Cherubini” em homenagem ao notório compositor e pedagogo musical Luigi Cherubini (1760-1842) do *Conservatoire de Paris*. A proposta é que o aplicativo marcará de vermelho as notas que estão incorretas e informará ao usuário quais foram seus erros. Este elemento de correção ainda está em processo de implantação e calibragem finais, com a implementação computacional no aplicativo das regras exatas de encadeamento harmônico das vozes. Já no âmbito do design gráfico, um *template* foi criado para caracterizar o sítio e remetê-lo ao mundo do fazer musical. Um exemplo disto é o seu *background*, que mostra uma foto estilizada de uma partitura. O sítio consiste atualmente de cinco páginas, que são “Home”, “Sobre”, “Cherubini”, “Contato” e “Aulas”. Na primeira página, “Home”, a construção foi pensada para fornecer uma apresentação do sítio, contendo o nome e a barra de navegação para as outras páginas. Em “Sobre”, está contido um breve resumo deste projeto, acompanhado do resumo de uma série de vídeo-aulas, que é uma pesquisa de Iniciação Científica irmã a esta, realizada pelo aluno Eduardo Carvalho também sob a orientação do Prof. Marcus Bittencourt. Na página “Cherubini” é onde efetivamente se encontra o aplicativo e em “Contato” é apresentado um formulário, por meio do qual o usuário pode enviar à equipe do projeto mensagens, críticas, dúvidas e sugestões diretamente pelo *site*. Na última

página, denominada “Aulas”, encontram-se efetivamente os *links* para as vídeo-aulas, colocadas ali por meio do *iframe* do YouTube do canal Harmonia Tonal, criado pelo aluno Eduardo Carvalho e pelo Prof. Bittencourt.

Conclusões

Ao término de sua efetiva implementação, o aplicativo online de aplicação e correção de exercícios de encadeamento harmônico homofônico a 4 vezes resultante desta pesquisa será capaz de prover um atendimento individualizado a cada acadêmico do Curso de Música da UEM, garantindo um acompanhamento online de tipo assíncrono, ou seja, automatizado e disponível ao aluno a qualquer momento em qualquer lugar, à realização dos exercícios de encadeamento pelos alunos. Como o aplicativo foi criado por meio do Javascript, o usuário poderá acessar o aplicativo a partir de qualquer dispositivo computacional, incluindo *tablets* e *smartphones*, e não será necessária a instalação de nenhum software adicional além de um simples navegador de internet. A estimativa é a de que este material instrucional multimídia online aumente expressivamente a eficiência e a absorção do conteúdo da disciplina de Harmonia Tonal pelos alunos.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Marcus Bittencourt, por ter oferecido essa oportunidade de aprendizagem e por aceitar orientar este projeto, uma vez que este me proporcionou maiores conhecimentos sobre harmonia musical e programação web.

Referências

BITTENCOURT, Marcus Alessi. O Arcabouço de uma Proposta de Metodologia Analítica para o Tonalismo do Século XIX: uma revisão taxonômica da teoria da modulação. **Revista Música Hodie**, Goiânia, V.13 - n.1, p. 135-154, 2013.

BOURNE, John R.. Net-learning: strategies for on-campus and off-campus network-enabled learning. **Journal of Asynchronous Learning Networks**, Volume 2, Issue 2, p. 70-88, 1998.

BROOKS, David R.. **An Introduction to HTML and JavaScript for Scientists and Engineers**. London: Springer-Verlag, 2007.

CROMPTON, Paul. **The VexFlow Tutorial**. Disponível em: <<https://github.com/Oxfe/vexflow/wiki/The-VexFlow-Tutorial>>. Acesso em 08 de abril de 2017.