

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ANDREI ANATOLY KORCZIK YEFINCZUK

Sistema Online para Mixagem Analógica de Áudio

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Johann

Porto Alegre
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Luís da Cunha Lamb

Coordenador do Curso de Engenharia de Computação: Prof. Marcelo Götz

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

RESUMO

Motivado pela ideia de compartilhar equipamentos de som de alta qualidade através da Internet, este trabalho propõe e apresenta um protótipo de serviço capaz de fornecer ao usuário acesso remoto a um sistema de mixagem analógica de áudio. Para isto, os arquivos de áudio do usuário são enviados a um servidor *web*, de onde podem ser executados por uma estação de gravação que tem conexão, através de uma interface digital-analógico-digital, com um equipamento de mistura. Com esse tipo de sistema em funcionamento, os usuários de diversos lugares podem ter acesso a equipamentos raros e caros, antes disponíveis apenas aos grandes estúdios. O servidor foi implementado para realizar mixagens de até dezesseis trilhas, enviadas pelo usuário através da aplicação cliente. Com isso, o conceito de mixar faixas de áudio na nuvem pôde ser testado.

Palavras-chave: Áudio Analógico, Mixagem, Computação e Música.

Online Analog Audio Mixing System

ABSTRACT

Driven by the idea of sharing high quality audio equipments through Internet, this paper proposes and presents a prototype of a service that provides remote access to analog audio system to the users. To do that, user's audio files are sent to a web server, from where they can be played by a recording station having connection, through a digital-analog-digital interface, with a mixing equipment. With this kind of system, users from different places can access rare and expensive audio equipments, that were previously available only to large studios. The server was implemented to make mixes of up to sixteen tracks, sent by the user through the client application. Therewith, the concept of cloud mixing could be tested.

Keywords: Analog Audio, Mixing, Computer Music.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Comparação de Preços de Equipamentos Analógicos de Mixagem	10
Figura 1.2 – Arquitetura Geral do Sistema.....	12
Figura 2.1 – Circuito Somador Inversor.....	14
Figura 2.2 – Janela de Edição do Pro Tools	16
Figura 2.3 – Detalhe para automações no Pro Tools.....	16
Figura 4.1 – Janela de Mixagem do Pro Tools	25
Figura 5.1 – Interface do <i>Plug-In</i>	27
Figura 5.2 – Arquitetura de Gravação do Protótipo	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Arquiteturas de <i>Plug-ins</i> de Áudio.....	15
Tabela 3.1 – Comparação de Tráfego Total por Tempo de Utilização.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAW	Digital Audio Workstation
VST	Virtual Studio Technology
OMF	Open Media Format
AAF	Advanced Authoring Format
WDK	Windows Driver Kit
ASIO	Audio Stream Input/Output
URL	Uniform Resource Locator
LDR	Light Dependent Resistor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Motivação	9
1.2 Servidor Online de Mixagem.....	10
1.3 Organização deste Trabalho.....	12
2 MIXAGEM	13
2.1 Mixagem Analógica	13
2.2 Mixagem Digital.....	15
3 SERVIÇO DE SOMA ANALÓGICA REMOTA	17
3.1 Transmissão de Dados.....	17
3.2 Processamento em Lotes	18
3.3 Equipamento de Mixagem	18
3.3 Interface com Equipamento	19
4 APLICAÇÃO CLIENTE	21
4.1 Envio do Projeto Completo.....	21
4.2 Solução de Exportação Manual.....	22
4.2.1 Open Media Framework.....	22
4.2.2 Advanced Authoring Format	23
4.3 <i>Driver</i> de Dispositivo.....	23
4.4 <i>Plug-in</i>.....	24
5 IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO	26
5.1 Interface de Usuário	26
5.2 Servidor de Mixagem	27
5.2.1 Script de Operação do Servidor.....	27
5.2.2 Equipamentos utilizados.....	28
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	32
ANEXO A - SCRIPT DO SERVIDOR DE GRAVAÇÃO.....	34

1 INTRODUÇÃO

Analog Farm é um serviço proposto em (Zawacki, 2012A) que permite o acesso a sintetizadores analógicos por meio de uma interface *web*, disponibilizando ao usuário sintetizadores analógicos na nuvem, e a obtenção de gravações de suas execuções em alta qualidade. Esse trabalho foi implementado por Lucas Zawacki no ano de 2012 como trabalho de conclusão de curso do curso de Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A publicação de um segundo artigo com título *A Prospective Analysis of Analog Audio Recording with Web Servers (2012)* propôs outras abordagens e aplicações para o serviço, como mixagem na *web* e a gravação de instrumentos acústicos, apresentando entre as vantagens:

- O uso de equipamentos que estão “inativos” na maior parte do tempo no estúdio;
- Uso em quantidade (dividida em lotes) permite redução de custos;
- Conceito de renderização de som: planejar primeiro, renderizar melhor depois;
- Como serviço, em vez de um produto com compromissos de custo, uma mais alta qualidade pode ser alcançada.

Neste trabalho, desenvolvemos a implementação de um somador analógico localizado na nuvem, isto é, o processo de mistura de várias trilhas de áudio em apenas duas, resultando em um áudio estéreo, executado em um servidor remoto.

1.1 Motivação

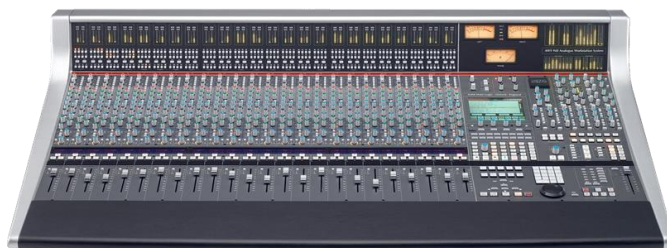
O processo de produção musical passou por grandes mudanças nas últimas décadas e, com o crescimento das plataformas digitais, ganhou novas formas e ferramentas de trabalho. Estações de trabalho digitais, *plug-ins*, instrumentos musicais virtuais, passaram a fazer parte do ambiente dos produtores, que podem realizar este trabalho tanto em grandes estúdios como em computadores pessoais. A produção musical é hoje uma atividade muito mais comum e é feita por profissionais e amadores, como pode ser evidenciado pelo crescimento de artistas independentes em comunidades *online* (Valladares, 2011). No entanto, mesmo com as facilidades oferecidas pelas plataformas digitais, muitos músicos experientes e profissionais da área do áudio preferem o resultado produzido por sistemas analógicos. Devido às sequências de processos pelas quais o áudio passa em cada domínio, é razoável assumir que a mistura digital não produz o mesmo resultado que a mixagem analógica (Sound, 2012). Neste trabalho

não analisamos as razões para que uma ou outra seja técnica ou esteticamente superior, mas procuramos viabilizar o acesso à mixagem analógica de forma remota.

Vários problemas são enfrentados para que uma produção musical seja mixada no domínio analógico. Devido ao fato que muitos músicos, produtores e profissionais preferem o resultado da mixagem analógica, a demanda por esse serviço é muito alta. No entanto, o alto custo de bons equipamentos de marcas renomadas e com timbres característicos é um empecilho para que esta demanda seja atendida, restringindo o acesso a esse tipo de serviço apenas a grandes estúdios. A Figura 1.1 apresenta uma comparação de preços de equipamentos analógicos para mixagem.

Para que se utilize todo o poder de mobilidade das atuais plataformas de trabalho, localizadas nos computadores dos artistas independentes, amadores e profissionais, e também a qualidade dos bons equipamentos de mixagem analógica, propõe-se um serviço *online* que forneça acesso a um sistema analógico aberto ao público, como um serviço em nuvem, proporcionando assim a possibilidade de cada usuário obter acesso a equipamentos de mixagem semelhantes aos de grandes estúdios.

Figura 1.1 – Comparação de Preços de Equipamentos Analógicos de Mixagem



SSL AWS 948
48 entradas
Faders Motorizados
Controle Digital
USD 100,000.00



Manley 16x2 Line
16 entradas
Saída Valvulada
USD 9,000.00



Rupert Neve 5088
16 entradas
Amp. Operacionais discretos
USD 72,000.00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

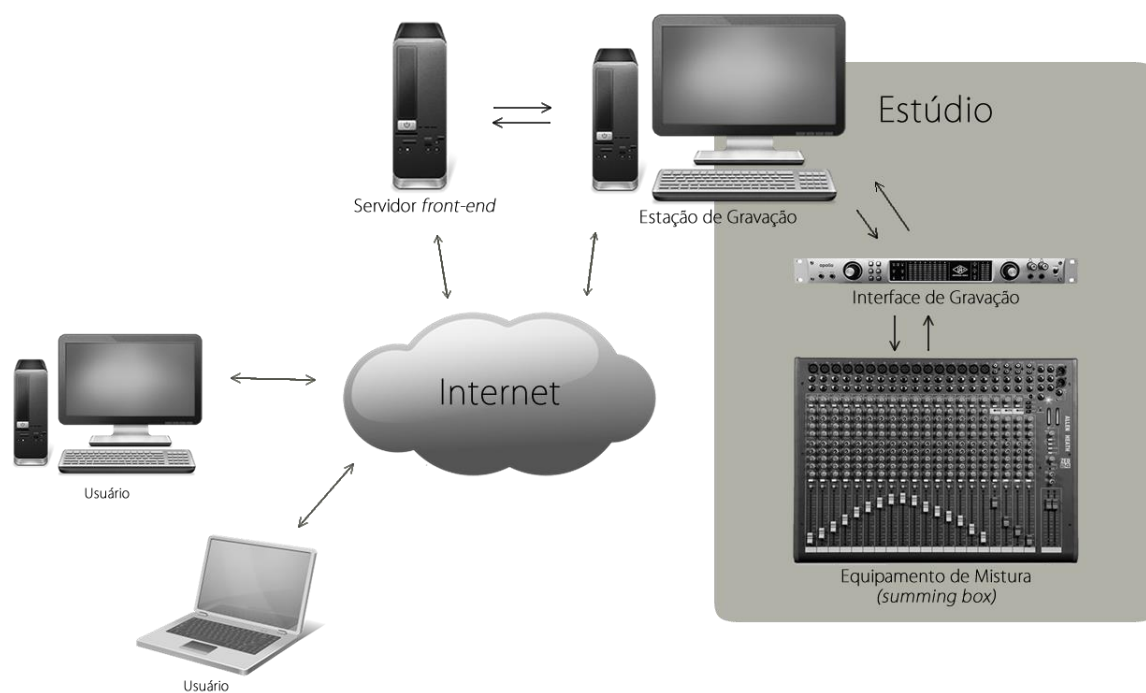
1.2 Servidor *Online* de Mixagem Analógica

O sistema proposto consiste em um servidor *web* para somas analógicas, onde o usuário pode realizar a soma analógica das suas trilhas após ter realizado o processo de mixagem na DAW, que é um *software* de gravação de áudio multipistas. Esse sistema é dividido em três partes que funcionam independentes, e se relacionam quando necessário através de trocas de mensagens e dados. O usuário roda um sistema cliente, encarregado de enviar os dados para a nuvem. Há o servidor de interface com usuário (*front-end*) que organiza as filas de trabalhos e os relaciona com os dados enviados e, por fim, há a estação de gravação, onde os projetos são reproduzidos e o resultado da mixagem é gravado. A arquitetura geral do sistema pode ser observada na Figura 1.2 e é semelhante a apresentada por Zawacki (Zawacki, 2012).

O principal desafio para implementar esse tipo de serviço refere-se à quantidade de informação transferida do usuário ao servidor pois as diversas trilhas do projeto devem ser enviadas separadamente. Considerando uma produção de 24 trilhas em 24bit/48KHz como exemplo, em uma música de 4 minutos, temos um total de 791 *megabytes* enviados ao servidor. Isso somente para 4 minutos de processamento no servidor. Para um processamento contínuo a banda seria muito maior. Contudo, um sistema automático de soma analógica é uma proposta inédita que pode fornecer o resultado sonoro desejado, ainda assim, fornecendo aos usuários comodidade, evitando que necessitem gravar as trilhas em mídias e envia-las para grandes estúdios realizarem a soma analógica, como em (Schleiwies, 2012), ou necessitem ir ao estúdio pessoalmente.

Um exemplo de potencial uso é o caso de uma situação particular que ocorre em Porto Alegre. As gravações dos concertos da Orquestra Sinfônica de Porto Alegre são feitas nos diversos teatros e igrejas da cidade. A mixagem das trilhas desses concertos, entretanto, é realizada com um equipamento analógico valvulado especialmente construído para essa finalidade pelo técnico de som Marcello Sfoggia (Johann, 2013), instalado em seu estúdio na Zona Sul da cidade. A continuidade do processo de mixagem destas gravações com a mesma qualidade técnica por outros profissionais que atualmente cooperam com essa atividade depende do deslocamento do profissional até o estúdio onde está localizado este equipamento somente para uma sessão de trabalho. A proposta apresentada nesse trabalho pode facilitar o acesso deste tipo de usuário ao equipamento e permitir que outras pessoas possam usufruir de equipamentos específicos em situações como esta.

Figura 1.2 – Arquitetura Geral do Sistema



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

1.3 Organização deste Trabalho

No segundo capítulo deste trabalho será apresentada uma introdução ao processo de mixagem e os equipamentos e plataformas disponíveis. Nos capítulos três e quatro, são mostradas as opções de implementação para o servidor e a aplicação cliente, respectivamente.

O capítulo número cinco apresenta as escolhas tomadas na implementação do projeto e os resultados produzidos pelo sistema.

2 MIXAGEM

No processo de produção de faixas sonoras existem, basicamente, três etapas. A primeira etapa é a etapa de captação e gravação do áudio em uma ou mais trilhas. Essas trilhas podem ser salvas em fitas magnéticas (representando o domínio analógico) ou também em arquivos de formato digital. A segunda etapa é a de mixagem, também chamada de mistura, das trilhas. Esse processo é definido como a “correta composição das trilhas individuais com seus relativos volumes, posições panorâmicas, efeitos e outros processamentos e é uma tarefa decisiva tanto técnica como artisticamente” (Izhaki, 2008) e também pode ser feito tanto no domínio analógico, quando um equipamento eletrônico faz as operações e a soma final dos sinais, quanto no domínio digital, quando o processo é feito através de cálculos matemáticos no computador. A terceira e última etapa é a de masterização do áudio, onde a pós-produção é realizada, falhas aparentes podem ser corrigidas e o resultado é salvo em um formato final chamado de *master*.

Segundo Izhaki (2008), saber exatamente quando e onde surgiu a arte de mixar não é uma tarefa fácil. Olhando a instrumentação de peças orquestrais e a maneira como os músicos se posicionavam na sala para uma gravação de apenas uma pista, podemos ver formas primitivas de mixagem, mesmo antes de que equipamentos para este fim fossem inventados.

O processo de mixagem envolve mais do que apenas um equipamento de mistura. Existem outros equipamentos que fazem parte da tarefa de compor os diferentes sons em uma faixa única. Tratam diferentes aspectos como dinâmica do som (os compressores, por exemplo) e equalização (equalizadores e filtros), além dos variados efeitos (distorções, reverberação, *delay*, etc.) que podem ser inseridos nas faixas durante esta etapa da produção.

2.1 Mixagem Analógica

Durante os anos 50, pequenos equipamentos de mixagem começaram a ser utilizados para misturar sinais de mais de um microfone. A partir disso, já nos anos 60, surgiram os primeiros equipamentos de fita multipista, que deram origem ao conceito de mixagem como conhecemos hoje. Isto porque permitem gravar separadamente várias trilhas, no primeiro momento, para serem mixadas posteriormente.

O circuito básico por trás de um equipamento de mistura é conhecido como somador, amplamente estudado nas literaturas básicas do curso de eletrônica, e pode ser implementado na forma inversora – invertendo a fase do sinal de entrada – ou na forma não-inversora. A

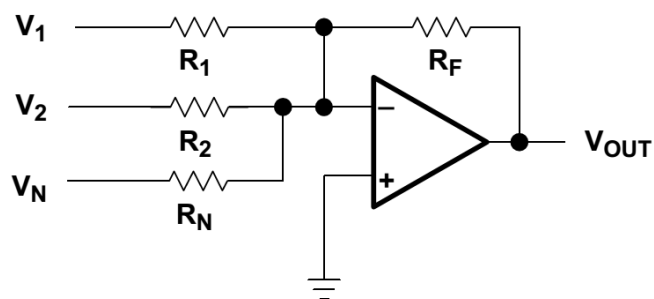
Figura 2.1 apresenta um circuito básico de somador inversor usando um amplificador operacional. Essa arquitetura clássica soma através de um terra virtual, permitindo um isolamento praticamente perfeito das entradas e impedância independente do número de canais de entrada. Além dessa opção, outras tecnologias podem ser usadas para a concepção de circuitos somadores:

- Circuitos passivos, ou redes resistivas – Roll Music Folcrom (Sound, 2012), por exemplo;
- Circuitos valvulados – Manley Labs 16x2 (Sound, 2012) por exemplo;
- Outras alternativas para o uso de amplificadores operacionais, como somador não-inversor, que atenua os sinais em função da impedância combinada da soma dos vários canais, exigindo recuperação do nível de sinal.

Compressores, equalizadores, filtros e efeitos analógicos podem ser inseridos na cadeia de sinal do áudio na mixagem analógica para alcançar o resultado desejado. Existem muitos equipamentos que podem ser utilizados para estas finalidades e cada equipamento possui o seu timbre específico, fazendo que estúdios e profissionais gastem muito para obter vários equipamentos que realizam, as vezes, a mesma função mas que possuem timbres diferentes.

Com o aumento das trilhas de uma produção, o processo de mixagem manual – movendo os *faders* de volume e posição panorâmica, além de outros parâmetros – fica complexo de ser feito e, em razão disso, surgiram os *faders* automatizados. Em (Luddy, 2013) podemos observar o funcionamento de *faders* automatizados. Em meados dos anos 60 e início dos anos 70, algumas empresas (API, Motown e outras) ofereceram opções de consoles com *faders* automatizados, facilitando muito o processo de mixagem analógica.

Figura 2.1 – Circuito Somador Inversor



Fonte: Mancini (2002, c. 3-4)

2.2 Mixagem Digital

Com a revolução digital dos anos 90, a maneira como a música é feita, produzida, gravada e até distribuída foi completamente alterada. Os computadores passaram a ser os centros das produções, oferecendo plataformas de trabalho para gravação, edição e mixagem de áudio, conhecidas como *Digital Audio Workstations*, abreviado para *DAW*. Através dessas plataformas, muitos novos usuários passaram a produzir faixas sonoras (musicais ou não), visto que era possível fazê-lo no seu computador pessoal.

A soma digital é um processo simples de soma realizado em um processador, aplicando as corretas ponderações para controle de amplitude e posição panorâmica dos sinais de entrada. Além dessa facilidade, as plataformas digitais de trabalho fornecem facilidades de automação – que são alterações de parâmetros previamente programadas pelo usuário – dos volumes e também efeitos digitais, como compressores, equalizadores, distorções, reverberações, etc. Em 1994, o Pro Tools III foi lançado com efeitos de DSP. Em 1996, com o lançamento do Cubase VST pela Steinberg, os *plug-ins* de áudio foram lançados como os conhecemos hoje – pequenas aplicações de software que realizam processamento de áudio usando o processador de um computador (Izhaki, 2008). A Tabela 2.1 apresenta a lista de arquiteturas de *plug-ins* de áudio disponíveis. Todas essas vantagens e facilidades de automação e efeitos fazem que usuários que não podem contar com equipamentos analógicos de alta qualidade optem pela mixagem digital, mesmo que preferissem o resultado final da mixagem analógica.

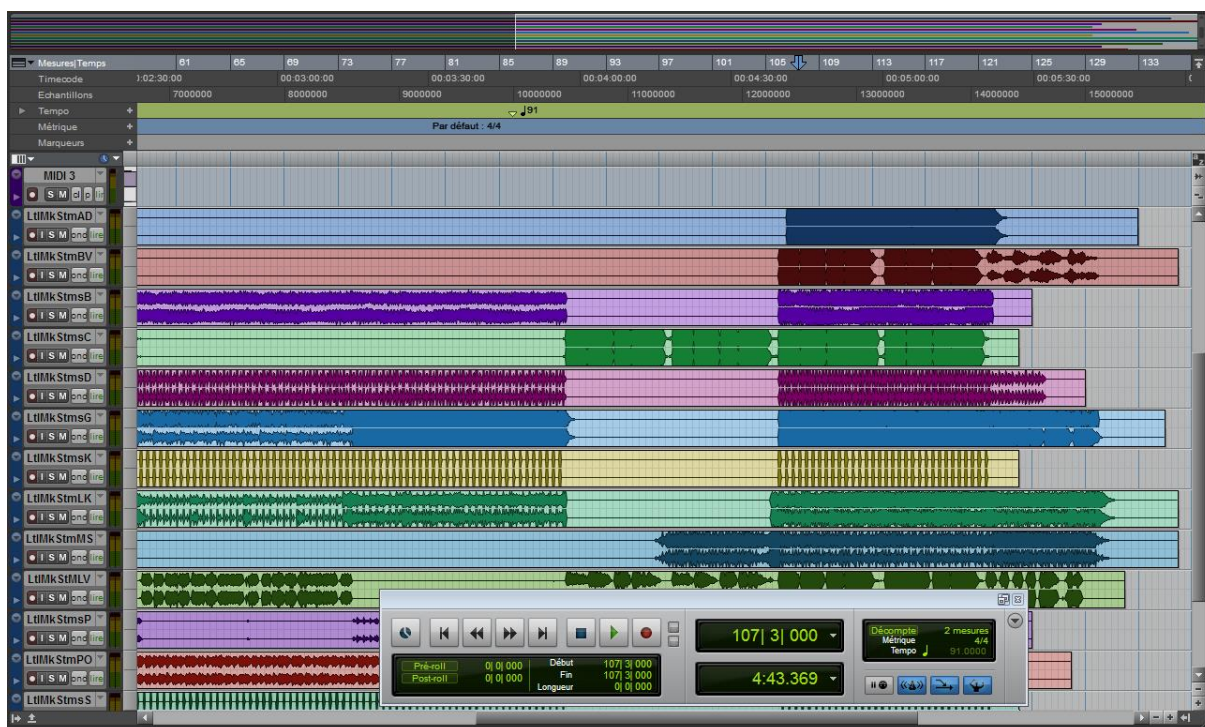
Tabela 2.1 – Arquiteturas de *Plug-ins* de Áudio

Nome	Desenvolvedor	Licença	Plataformas
Virtual Studio Technology	Steinberg	Proprietário	MacOS, Win
Audio Units	Apple	Proprietário	MacOS
Real Time AudioSuite	Avid	Proprietário	MacOS, Win
Avid Audio eXtension	Avid	Proprietário	MacOS, Win
TDM	Avid	Proprietário	MacOS, Win
LADSPA	ladspa.org	LGPL	MacOS, Win, Linux
DSSI	dssi.sourceforge.net	LGPL, BSD	MacOS, Win, Linux
LV2	lv2plug.in	ISC License	MacOS, Win, Linux
DirectX plugin	Microsoft	Proprietário	Win
VAMP	vamp-plugins.org	BSD-style	MacOS, Win, Linux

Fonte: Wikipedia – Audio *Plug-in*

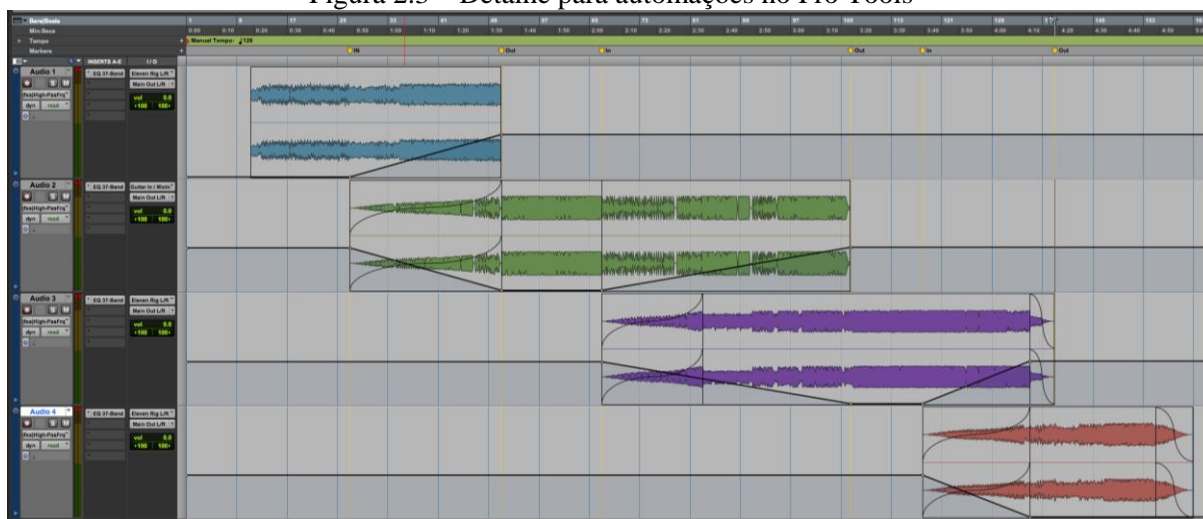
A Figura 2.2 mostra um exemplo de projeto no Pro Tools – um exemplo de DAW muito utilizada. Em detalhe, na Figura 2.3, são apresentados alguns exemplos de automações para modificar o volume de uma trilha.

Figura 2.2 – Janela de Edição do Pro Tools



Fonte: *print screen* do Pro Tools HD para MacOs

Figura 2.3 – Detalhe para automações no Pro Tools



Fonte: *print screen* do Pro Tools HD para MacOs

3 SERVIÇO DE SOMA ANALÓGICA REMOTA

O sistema desenvolvido neste trabalho consiste em um servidor *web* para somas analógicas, onde o usuário pode enviar trilhas de áudio de um projeto para serem misturadas no servidor.

A mixagem de uma trilha sonora consiste conceitualmente de dois processos distintos. Um deles é o processo artístico e criativo, que se concretiza através da realização de diversas operações sobre as trilhas, para composição do conjunto, onde são definidas as características subjetivas da produção musical, sendo esse processo a atividade de mixagem realizada pelo usuário produtor musical. O outro processo representa a parte técnica, que é a computação ou realização dessas operações, implementadas em um equipamento digital ou analógico, através de parâmetros, fazendo alteração dos volumes, posição panorâmica, inclusão de efeitos e finalmente a soma das trilhas. Este sistema apresenta apenas a possibilidade de realizar a soma analógica das trilhas remotamente. A aplicação das outras operações também pode ser feita remotamente. Atrelado a essa proposta está o conceito de que a atividade criativa de mixagem será executada pelo usuário cliente em sua estação de trabalho, enquanto o sistema remoto fará apenas a aplicação das operações desejadas, ou somente da soma final.

Neste capítulo são discutidas as formas de implementar os serviços que devem ser oferecidos por parte do servidor.

3.1 Transmissão de Dados

A transmissão das trilhas de áudio do usuário ao servidor não precisa ser feita em tempo real, visto que a proposta apresentada visa fornecer ao usuário o resultado da soma analógica dos sinais, processo que pode ser feito em outro período de tempo futuro. Por isso, soluções de transmissão de voz e de áudio não necessitam ser utilizadas para este serviço. Mesmo assim, há uma preocupação com a quantidade de dados transmitida.

Em uma situação onde 50% do tempo do servidor seja ocupado por tarefas de mixagem, a banda utilizada em um mês seria, aproximadamente, 4.07 *terabytes* de dados. Para uso do sistema com apenas oito trilhas, esses valores reduzem consideravelmente. Para a situação acima criada, de 50% de uso do servidor, obtemos um total de 1.35 *terabytes* de dados.

O cálculo do tráfego total é feito através da fórmula a seguir.

$$dados = bits * amostragem * n_{trilhas} * t_{total}$$

A Tabela 3.1 compara o tempo de utilização do servidor em um mês com a quantidade total de dados para produções de 8, 16 e 24 trilhas.

Tabela 3.1 – Comparação de Tráfego Total por Tempo de Utilização

	8 TRILHAS	16 TRILHAS	24 TRILHAS
5%	0.136 TB	0.271 TB	0.407 TB
10%	0.271 TB	0.543 TB	0.815 TB
25%	0.679 TB	1.358 TB	2.037 TB
50%	1.358 TB	2.716 TB	4.073 TB

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O impacto do tamanho dos arquivos no lado do cliente é menor, considerando que o usuário envia uma quantidade menor de dados (algumas músicas ou um álbum). No entanto, esse valor não é irrelevante pois, para uma música de quatro minutos ser transferida num plano de internet de 10Mbps/s de *download*, são gastos 110 minutos para o *upload* da música. Além das limitações de banda, existem também as limitações dos canais de saída. Para mixar um projeto de 32 trilhas, o usuário pode utilizar do processo de *stem mixing*, que é a mixagem para uma trilha mono ou estéreo de subgrupos de trilhas do projeto (Rpm, 2014) bastante utilizada nos estúdios. Assim, ele pode reduzir o número de trilhas do projeto para o número de canais disponíveis no servidor.

3.2 Processamento em Lotes

As trilhas de cada música a ser mixada ficam localizadas no servidor e uma fila com todas as músicas é mantida por ele. Assim, o tempo do servidor é dividido em lotes do tamanho de cada música, para um melhor aproveitamento do sistema. Após o processamento do lote, o usuário é notificado, recebendo o endereço para *download* do resultado. Deste modo, o usuário não fica conectado ao servidor durante o processo.

3.3 Equipamento de Mixagem

A motivação principal deste trabalho é fornecer a qualidade da soma analógica para o usuário através da Internet. Por isso, a escolha do equipamento utilizado para este fim será muito importante na implementação do serviço.

A primeira opção é usar equipamentos renomados, amplamente utilizados nos grandes estúdios, como os *summing boxes* e consoles da Manley, Rupert Neve Design, SPL e outras

marcas de qualidade reconhecida. A lista a seguir apresenta alguns *summing boxes* analógicos e seus respectivos preços, citados em (Sound, 2012):

- Manley Labs 16x2 - \$9000
- Crane Song Egret - \$5600
- Ruper Neve Design 5059 - \$3799
- Roll Music Folcrom - \$779
- SPL MixDream - \$3999
- Looptrotter Satur8 - £2400
- Dangerous Music 2Bus - \$3179
- AMS Neve 8816 - \$3695
- Black Lion Audio PM8 - \$895
- Thermionic Culture Fat Bustard 2 - \$5884

Entretanto, é interessante observar a forma como esses equipamentos são construídos e quais componentes são utilizados, para então fornecer soluções personalizadas com qualidade semelhante e até superior.

A característica do resultado buscada pelos usuários do serviço é encontrada no som quente das válvulas, na qualidade das fontes de alimentação robustas e estáveis, e outros conceitos que modificam o som de um equipamento, como barramentos com voltagens mais altas, transformadores caros e de boa qualidade além de outros conceitos subjetivos e artísticos que são próprios da cultura de produção musical. (Sound, 2012)

Da forma como este sistema é proposto, é possível a utilização de mais de um equipamento de soma analógica, fornecendo ao usuário variações de timbres no resultado final. Na implementação do primeiro protótipo, entretanto, o objetivo é demonstrar a operação do serviço, e para isto serão usados equipamentos disponíveis mais simples.

3.4 Interface com Equipamento

Para comunicação entre o servidor e o equipamento de mixagem, é necessário uma interface de áudio para computador que possua tantos canais de saída quantas forem as trilhas de áudio enviadas pelo usuário, além de dois canais de entrada para gravar o resultado obtido.

A conversão dos arquivos de áudio em formato digital para o áudio analógico é feita nessa interface através de *chips* conversores. Esses componentes, somados à arquitetura do circuito, tem grande impacto na qualidade do áudio (Johann, 2010) e por isso devem ser

cuidadosamente escolhidos, já que o áudio da mixagem é influenciado diretamente por esse processo.

4 APLICAÇÃO CLIENTE

Para que a produção musical do usuário seja completamente mixada no servidor, existem dois tipos de dados que devem ser enviados: as trilhas de áudio e as informações de controle referentes a cada trilha. O envio das trilhas de áudio, que representam a maior parte dos dados, é condição necessária para que exista uma tarefa de mixagem.

As informações referentes a cada uma das trilhas, como os parâmetros de volume e posição panorâmica são configuradas pelo usuário. Inclusive, o usuário utiliza automação para variação desses parâmetros. Para a completa utilização dos recursos do equipamento analógico, o servidor deve implementar as funções necessárias para variação desses parâmetros e essas informações devem ser enviadas separadamente dos arquivos de áudio. Caso o servidor não possua a implementação de alteração desses parâmetros, como é o caso do protótipo desenvolvido neste trabalho, essas informações podem ser processadas e calculadas digitalmente na aplicação do cliente, sendo embutidas nas faixas de áudio. Cada uma destas alternativas terá um impacto e um resultado sonoro potencialmente diferente.

Quatro soluções para transferência dos tipos de dados são discutidas a seguir, observando a transparência para o usuário, dificuldades de implementação, vantagens e desvantagens na utilização da abordagem. São elas:

- Envio do Projeto Completo
- Solução de Exportação Manual
- Driver do Dispositivo
- Plug-in

4.1 Envio do Projeto Completo

A solução de implementação mais simples para a aplicação cliente é quando o usuário copia todo o seu projeto para o servidor. Com o projeto completo no servidor, todas as informações necessárias para realizar o processo de mixagem, incluindo as automações e configurações, estão disponíveis.

O grande problema dessa abordagem é que muitos arquivos desnecessários (resíduos de gravações antigas, configurações, *backups*, etc.) são enviados para o servidor, tendo um gasto excessivo de banda. Além disso, o servidor precisa possuir as licenças de todas as DAW usadas por clientes para que possa abrir os projetos, visto que os projetos de diferentes DAW não usam

o mesmo formato e podem haver diversos problemas compatibilidade entre versões e configurações.

A principal vantagem é que o usuário não tem envolvimento algum com nenhum tipo de configuração extra, apenas deve fazer o *upload* do projeto em uma interface *web*, tornando uma opção de fácil utilização.

4.2 Solução de Exportação Manual

Nessa solução, o usuário exporta todos os arquivos necessários em um formato padrão e envia, manualmente, ao servidor.

Para os arquivos de áudio, é necessário que inicie ao mesmo tempo, para evitar que o servidor reproduza-as em tempos diferentes causando um efeito indesejado. Todas as plataformas de trabalho exportam os arquivos de áudio para os principais formatos (wave, mp3, flac, etc.), o que torna essa opção independente de plataforma.

Algumas plataformas oferecem suporte para exportar todas as trilhas do projeto de uma só vez processando os efeitos e *inserts* feitos na mixagem na DAW. Essa opção também é usada para fazer *stem mixing*. Com o uso dessa opção, os arquivos de áudio já ficam condicionados para o envio ao servidor.

As informações de cada trilha podem ser enviadas também ao servidor, de forma manual. Para isso, o usuário deve também exportar essas informações para um formato padrão. Poucas são as opções de formatos para essas informações, tornando difícil o compartilhamento com o servidor. Propõe-se o uso dos padrões *Open Media Framework (OMF)* e *Advanced Authoring Format (AAF)* descritos a seguir, que servem para trocar projetos entre diferentes DAWs, carregando informações adicionais, além dos arquivos de mídia.

Acredita-se que exportar os arquivos para diferentes formatos pode causar certa confusão ao usuário e tornaria o sistema de difícil acesso. Assim, essa opção de aplicação cliente não é muito amigável. Ao contrário, buscamos uma solução o mais simples e automática possível.

4.2.1 Open Media Framework

Open Media Framework (OMF), é um *de facto standard* – produto ou sistema que conquistou posição dominante devido à aceitação pública ou forças do mercado – da Avid

Technology. É um formato binário de arquivo que oferece a possibilidade de carregar informações complexas da composição, incluindo efeitos e dados multimídia.

4.2.2 Advanced Authoring Format

"*Advanced Authoring Format (AAF)* é um formato de arquivo multimídia que permite os criadores de conteúdo trocar informações de controle e dados multimídia facilmente entre plataformas." - AAF Association. O padrão AAF é o sucessor do *Open Media Framework*. O projeto do AAF foi baseado nas lições aprendidas com o OMF (Harris, 1997) e é administrado pela *AAF Association*, enquanto o OMF é um *de facto standard* controlado por uma empresa. Isso facilita sua adoção sem complicações comerciais e legais.

4.3 *Driver de dispositivo*

Para tornar o sistema mais amigável ao usuário, existe uma alternativa que se relaciona com a DAW de forma mais transparente. Criando um *driver de dispositivo*, facilmente obtemos o áudio proveniente da DAW sem precisar que o usuário faça algum processo a mais, basta que ele configure a saída do seu sistema para o *driver virtual*. Assim, todo o áudio do sistema do usuário passa pelo *driver* mas só é gravado e enviado quando o usuário escolher. Isto, na verdade, é uma desvantagem pois o usuário deve tocar a música inteira com o driver ativado e desativa-lo depois, o que não ocorre nas alternativas anteriores.

O *driver* recebe o áudio da DAW após o processamento, então automação de volumes, *plug-ins* e equalizações também já estão aplicadas nos arquivos de áudio. Também é possível, através do *driver*, obter essas informações diretamente da DAW, podendo-se implementar as automações do lado do servidor. Essa é a maneira como consoles analógicos controlados por computador – como o SSL AWS 948 (Solid, 2014) – são implementados, o driver recebe as informações de automação de volumes e posição panorâmica da DAW e comanda as variações desses parâmetros no equipamento analógico.

Neste processo, o uso de processamento na máquina do usuário é maior e o *driver* funciona independente da DAW. No entanto, o desenvolvimento de um *driver* varia de acordo com o sistema operacional, fato que limita a implementação do sistema. Para plataformas Windows, o *driver* deve ser desenvolvido usando o *Windows Driver Kit* (WDK) ou a plataforma *Audio Stream Input/Output* (ASIO). Para sistemas baseados em MacOs, o *driver* deve ser

desenvolvido usando o *framework* de desenvolvimento de drivers da *Apple*, chamado *Core Audio*.

4.4 *Plug-in*

Uma abordagem que surge como solução intermediária é a implementação da aplicação cliente através de um *plug-in*. Para esta implementação, pode-se utilizar a interface VST por exemplo, fornecida pela Steinberg (Steinberg, 1999). O *plug-in*, devidamente instanciado na DAW do usuário, recebe o áudio das trilhas e salva em novos arquivos, que podem então ser enviados para o servidor, manualmente ou através do próprio *plug-in*.

Utilizando uma interface de mais alto nível, como é o VST, o sistema torna-se multiplataforma, visto que para todos os sistemas operacionais, existe pelo menos uma DAW que apresenta compatibilidade com *plug-ins* VST. Entretanto, a opção é limitada às DAW que suportam VST.

Para o correto funcionamento do *plug-in*, o usuário necessita incluí-lo no projeto e enviar o áudio de cada trilha através dos *slots SEND*, que não interrompem o processamento normal da DAW. Quando o *send* é feito após todos os outros *inserts* (efeitos, equalizações e automações), o áudio recebido pelo *plug-in* está corretamente configurado, tendo essas características embutidas na faixa de áudio salva. Essa configuração pode não ser muito simples para o usuário mais leigo, sendo um ponto negativo da abordagem do *plug-in*. A Figura 4.1 mostra a janela de mixagem do Pro Tools, onde o *plug-in* pode ser instanciado.

Caso a automação seja implementada no servidor, então este tipo de abordagem através do *plug-in* não é mais interessante, pois para que o *plug-in* obtenha os dados necessários para enviar a automação ao servidor, é necessário que o usuário realize toda a automação em parâmetros do próprio *plug-in*, repetindo esse trabalho caso já tenha feito essa configuração na DAW.

Figura 4.1 – Janela de Mixagem do Pro Tools



Fonte: *print screen* do Pro Tools HD para MacOs

5 IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROTÓTIPO

A implementação do sistema é explicada neste capítulo de forma a demonstrar como alguns problemas foram resolvidos.

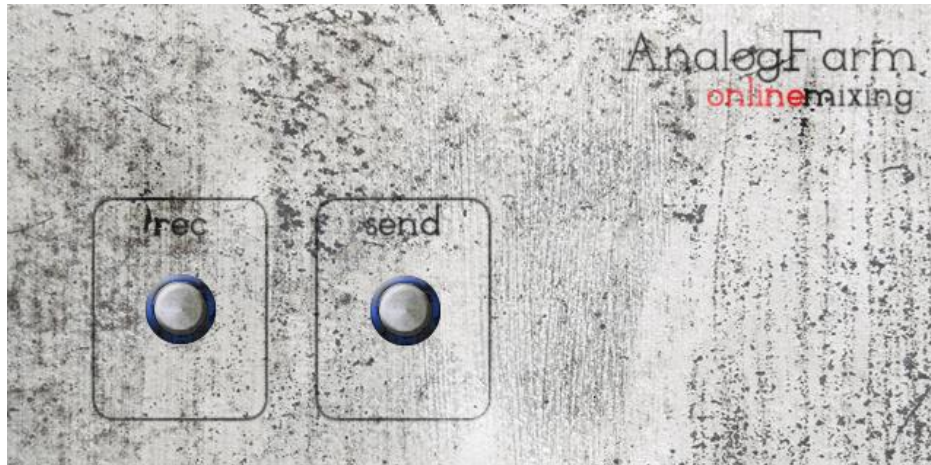
5.1 Interface de Usuário

A principal função desse aplicativo é obter as faixas de áudio do usuário para então enviá-las ao servidor. Dentre as opções estudadas para a aplicação cliente, escolheu-se a implementação na forma de um *plug-in* VST, com o intuito de tornar o sistema de fácil uso para o usuário. Um *plug-in* é um pequeno aplicativo de *software* que roda dentro de uma DAW que pode realizar funções de processamento digital de áudio. A Figura 5.1 apresenta a interface do *plug-in* VST da *AnalogFarm*, implementado neste trabalho.

Ao ser inserido na cadeia de efeitos da DAW, o *plug-in* recebe o sinal de áudio na forma como ele deve ser misturado com as outras faixas, preservando as informações e automações de posição panorâmica e volume. O áudio recebido é repassado para a DAW, de forma que o *plug-in* não interfere nas outras tarefas realizadas pela DAW. Quando o usuário aciona o botão de *REC* na interface do *plug-in*, o *plug-in* passa a salvar os sinais de áudio em novos arquivos no computador do usuário. As faixas separadas são gravadas em arquivos com os nomes *trackN.wav*, onde N é o número da faixa (de 1 a 16 para este sistema). Quando a música termina, o usuário tem de apertar novamente o botão para parar as gravações dos novos arquivos.

Tendo os dezesseis arquivos para enviar ao servidor gravados, o usuário precisa apertar o botão de *SEND*, para que os arquivos sejam compactados e enviados ao servidor. Quando o usuário aciona o botão de *SEND*, um aplicativo externo é chamado para realizar a compactação dos arquivos. O aplicativo escolhido foi o *7zip*, que é um aplicativo de código aberto, disponível para diversas plataformas (*7zip*, 2014). Após a compactação, outro aplicativo é chamado pelo *plug-in* para que o arquivo, agora compactado, seja enviado ao servidor. Para esta função, usou-se o *Curl*, uma ferramenta de código aberto para transferência de dados com sintaxe URL (*Curl*, 1997), já que a interface web do servidor aceita *uploads* dessa forma.

Com o objetivo de oferecer o suporte as variações de posição panorâmica na soma, mesmo que implementada no lado do cliente, para as trilhas *mono* são utilizadas duas entradas do *plug-in*. Assim, até oito trilhas *mono* podem ser utilizadas pelo usuário, utilizando as ponderações para o lado esquerdo e direito.

Figura 5.1 – Interface do *Plug-in*

Fonte: *print screen* da aplicação

5.2 Servidor de Mixagem

O servidor possui as tarefas de receber os arquivos do usuário, executá-los em uma interface de áudio ligada a um somador analógico, gravar o resultado da soma e disponibilizar ao usuário a faixa de áudio com este resultado.

O processo de reprodução das faixas do usuário e a gravação do resultado é feito com a DAW *Cubase 6 Elements*. Assim não há a necessidade de implementar processos que já estão disponíveis nessa plataforma, como a reprodução de arquivos de áudio em diferentes canais de saída e a gravação de novas trilhas de forma sincronizada, compensando latências. As operações desses processos são automatizadas por um *script* de gravação escrito na linguagem Applescript (Cook, 2007), nativa do sistema operacional MacOs.

No primeiro protótipo, usamos PHP e uma aplicação Java para implementar o servidor. A aplicação Java recebe uma mensagem por *socket* do método PHP, informando o nome da tarefa, e a coloca em uma fila. Uma outra *thread* da aplicação retira as tarefas da fila e executa o *script* de gravação. Temos então dois lados concorrentes no servidor: a espera das mensagens do método PHP e adição na fila, e a retirada das tarefas da fila e realização da gravação.

5.2.1 *Script* de operação do Servidor

O *script* criado com a linguagem Applescript é utilizado para importar os arquivos de áudio para um novo projeto. A cada gravação, o script cria um novo projeto na DAW baseado em um *template*, onde há dezesseis trilhas de áudio vazias e importa as faixas de áudio enviadas

pelo usuário – já disponíveis no servidor – para as trilhas do projeto. Cada trilha do projeto é endereçada a um canal de saída da interface de áudio. Usa-se também uma faixa adicional, para a gravação do resultado da soma, ligada a dois canais de entrada da interface. Ao executar este projeto, o resultado é gravado na trilha adicional.

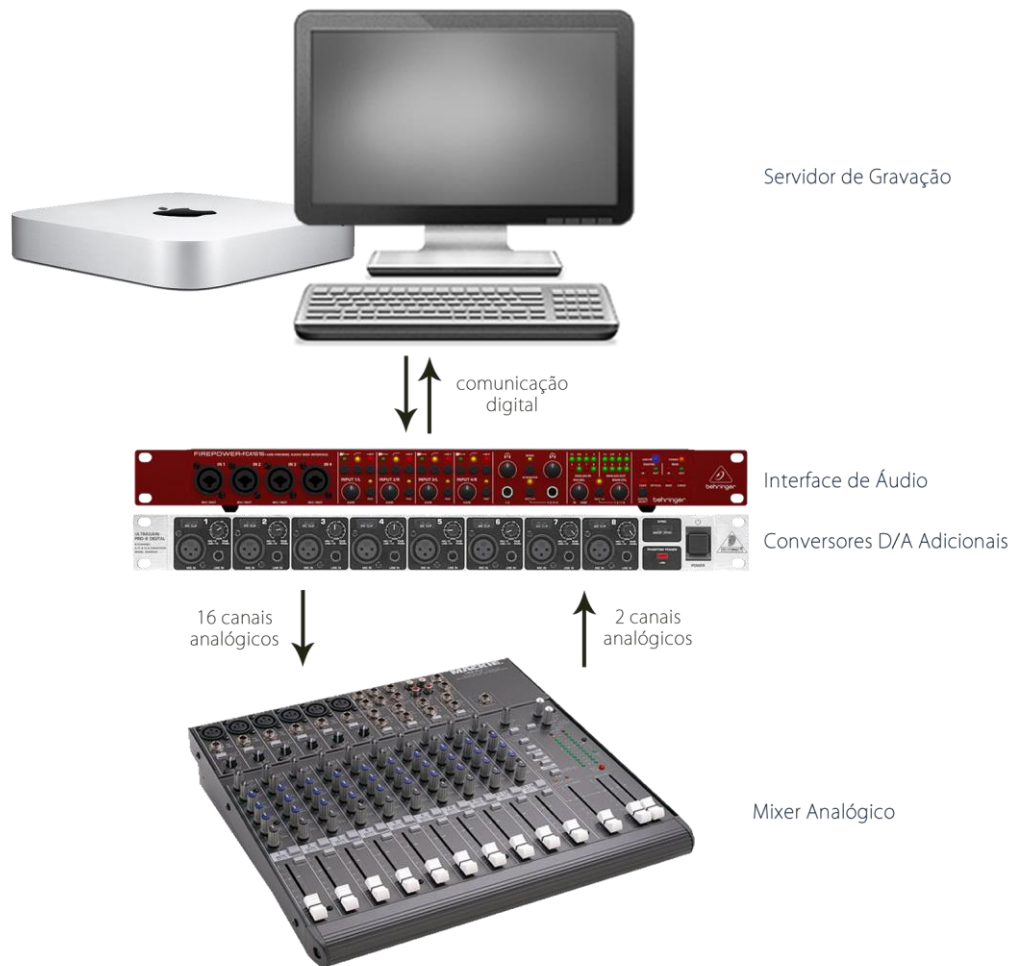
O arquivo de áudio é exportado e a gravação resultante da mixagem fica disponível ao usuário via interface *web*, em um *link* que é enviado ao usuário após o processo de *upload*. O *script* utilizado é anexado ao fim deste documento.

5.2.2 Equipamentos Utilizados

Para a validação deste trabalho, utilizou-se uma interface Behringer FCA1616 com oito canais de saída e uma Behringer ADA8000 com mais oito canais de saída, ligados a um console *Mackie 1402 vlz*. Para a gravação do resultado, utilizou-se dois canais de entrada da interface Behringer FCA1616. O próximo passo deste trabalho é usar equipamentos projetados ou modificados seguindo alguns conceitos de áudio de qualidade profissional, tais como o uso de resistores de filme metálico, fontes de alimentação robustas e estáveis, transformadores e componentes de boa qualidade, pois pretende-se futuramente executar testes de avaliação subjetiva de qualidade de áudio.

Na aplicação cliente, dezesseis trilhas *mono* são salvas e enviadas ao servidor – oito delas representando as ponderações para o lado esquerdo e oito para o lado direito. Para o usuário, isso representa dezesseis trilhas ou apenas oito trilhas *mono* com o uso do “pan” na DAW. Durante o desenvolvimento do trabalho, utilizamos uma interface de apenas oito canais de saída, sendo possível a soma de apenas oito trilhas *mono*. Com isso, surgiu um problema referente ao número de trilhas utilizadas na aplicação cliente, que são dezesseis. Para tratar este problema, propomos a realização do processamento serial dos dois canais esquerdo e direito, para a gravação final estéreo. Essa solução é uma alternativa inovadora possível com a automação de processamento em lotes em um servidor e possibilita o uso de outros equipamentos com menos canais de entrada, além de diminuir também o custo do equipamento de soma, pois apenas um canal de saída é necessário. Assim, permite projetar o somador de forma mais sofisticada e melhor dimensionar o seu tamanho em relação à carga de trabalho. Para um equipamento valvulado, isso significa menos um transformador de saída e menos válvulas, reduzindo o consumo de energia além do alto custo desses componentes.

Figura 5.2 Arquitetura de Gravação do Protótipo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6 CONCLUSÃO

Um sistema é proposto para que os usuários possam ter acesso de forma fácil a um equipamento de soma analógica para mixagem de áudio, podendo obter resultados semelhantes aos de grandes estúdios. A implementação de um protótipo mostra que o conceito de sistema apresentado pode ser implementado e os resultados se mostram viáveis. Essa escolha, de implementar um sistema completo ao invés de realizar um trabalho teórico mais extenso, colaborou para levantar e entender os requisitos e características do sistema, além de descobrir os limites e dificuldades das opções escolhidas.

Algumas das escolhas tomadas para a implementação desse protótipo podem ser questionadas pois, embora funcionando, apresentaram ineficiência em alguns pontos, como é o exemplo da estação de gravação baseada na plataforma *Cubase 6 Elements* e no *script Applescript*, que possui dificuldades de adaptação para diferentes casos de uso, como a variação no número de trilhas no projeto do usuário.

Para a aplicação cliente, a escolha de implementação baseada em um *plug-in* VST facilitou o desenvolvimento do trabalho. No entanto, a fácil configuração e uso pelo usuário – vantagens defendidas neste trabalho – não foram comprovadas por esta implementação, visto que não foi fácil realizar a configuração do *plug-in* em diferentes DAW, principalmente pelo fato de o *plug-in* possuir múltiplas entradas, requisito básico para que o sistema funcione. Por este motivo, a implementação de um *driver* de dispositivo deve ser a proposta escolhida para a aplicação cliente em um futuro trabalho. No início deste trabalho, iniciou-se a implementação de um *driver* de dispositivo. No entanto, a implementação não foi concluída devido a problemas de registro de *drivers* para o sistema operacional *Windows*, além de outras dificuldades. Por esta razão, optou-se pela mudança para o *plug-in*.

A variação dos parâmetros de volume e posição panorâmica utilizada no processo de mixagem na proposta apresentada é implementada apenas digitalmente. Uma modificação possível do sistema seria a implementação da variação desses parâmetros no servidor. Assim, o usuário envia os valores e suas variações no tempo e o servidor configura o equipamento analógico com esses valores, variando quando necessário. Para que isto seja possível, algumas modificações no equipamento são necessárias, caso ele não possua parâmetros modificáveis por controle digital. Essas modificações envolvem o uso de componentes especiais, como *faders* motorizados, potenciômetros eletrônicos e resistores fotossensíveis (LDR).

Assim como em uma soma digital, existe um valor máximo para a soma em equipamentos analógicos, que é, normalmente, a tensão máxima de operação dos componentes.

Ao somar faixas de áudio, as amplitudes totais potencialmente aumentam. Pode ou não aumentar, depende do material, já que pode ter sido gravado em diferentes níveis. Se as trilhas do usuário estiverem em níveis de volume muito altos, poderá ocorrer *clipping* (quando o nível máximo é atingido) e haverá distorção no resultado. Se elas estiverem muito baixas, estarão próximas ao nível de ruído dos equipamentos, obtendo uma baixa relação sinal/ruído e tornando os ruídos mais aparentes. Propõe-se que haja um processamento do áudio enviado pelo usuário, onde calcula-se o máximo de cada trilha. Com isso, é possível prever o resultado e configurar os volumes do somador para que haja o melhor aproveitamento da faixa dinâmica dos equipamentos, sem que haja distorções ou *clipping*.

Na versão prototipada, o cálculo da posição panorâmica no lado do cliente duplica o volume de dados, pois cada trilha mono precisa ser mapeada para uma trilha estéreo. Isso é bastante ineficiente, e significa que deve-se buscar soluções para fazer o processamento de "pan" no lado do servidor.

Por outro lado, neste trabalho apresentamos uma proposta de realizar a mixagem dos canais esquerdo e direito de forma sequencial, e não simultânea, o que permite o projeto de equipamentos mais eficientes no servidor.

REFERÊNCIAS

- ANALOG Devices. **OP27 – Low Noise, Precision Operational Amplifier**. [S.l.:s.n], 2006. Disponível em: <http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/OP27.pdf>
- COOK, W. R. AppleScript. In: ACM SIGPLAN CONFERENCE ON HISTORY OF PROGRAMMING LANGUAGES - HOPL III, New York, USA. **Proceedings. . .** ACM Press, 2007. p.1–21.
- CURL. **About Curl**. [S.l.:s.n]. 1997. Disponível em: <<http://curl.haxx.se/about.html>>
- HARRIS, B. **The Future of Edit Data Exchange**. [S.l.:s.n], 1997. Disponível em: <<http://www.edlmax.com/FutureOfStandards.htm>>
- IZHAKI, R. **Mixing Audio: Concepts, Practices and Tools**, 3 rd Edition, Focal Press, 2008
- JOHANN, M. O. **Modifying the ADA8000**. [S.l.:s.n], 2010. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/johann/ada8000/>>
- JOHANN, M. O.; FOLLE, L.; GOMES, W.; CORDONI, R. **Estabelecendo uma Metodologia de Avaliação Subjetiva de Qualidade de Áudio**. IV UbiMus [S.l.:s.n], 2013. <<http://compmus.ime.usp.br/ubimus2013/pt-br/node/7>>
- LUDDY, P. **SSL Duality SE Fader Automation**. YouTube, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GOO_xBtTvT4>
- PRICE, S. The Evolution of Recording Studio Remix Automation. **13th International Conference: Computer-Controlled Sound Systems**. Van Nuys, CA. 1994.
- RPM Challenge. **Stem Mixing – Huh?** 2014. Disponível em: <http://rpmchallenge.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13783%3Astem-mixing-huh&catid=272&Itemid=334>
- SCHLEIWIES, C. **Analog Mix**. Munich, Germany, 2012. Disponível em: <<http://www.analogmix.com>>
- SOUND on Sound. **Analogue Summing Mixers**. [S.l.:s.n], 2012. Disponível em: <<http://www.soundonsound.com/sos/jun12/articles/spotlight-0612.htm>>
- SOLID State Logic. **AWS 924/948**. [S.l.:s.n] 2014. Disponível em: <http://www.solid-state-logic.com/docs/AWS_Brochure.pdf>
- STEINBERG. Steinberg Virtual Studio Technology Plug-in Specification 2.0 Software Development Kit. **Hamburg: Steinberg Soft-und Hardware GMBH**, [S.l.], p.1–84, 1999.
- TEXAS Instruments. **PCM4222EVM User's Guide**. [S.l.:s.n] 2006. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ug/sbau124/sbau124.pdf>>

VALLADARES, T. A. **Independent Producers: A Guide to 21st Century Independent Music Promotion and Distribution**. Tese de Mestrado, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1794/11217>>

WIKIPEDIA, **Audio Plug-in**. [S.l.:s.n] Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_plug-in>

ZAWACKI, L. F.; JOHANN, M. O. A Prospective Analysis of Analog Audio Recording with Web Servers. **Cadernos de Informatica**, [S.l.], 2012A.

ZAWACKI, L. F.; JOHANN, M. O. A System For Recording Analog Synthesizers With The Web. **Proceedings of the International Computer Music Conference**, [S.l.], p.128–131, 2012B.

ZAWACKI, L. F. **Um sistema online para gravação de sintetizadores analógicos**. [S.l.:s.n] 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/66094>>

7ZIP. **FAQ**. [S.l.:s.n]. 2013. Disponível em: <<http://www.7-zip.org/faq.html>>

ANEXO A

SCRIPT DO SERVIDOR DE GRAVAÇÃO

```

--
-- Updated on Dez 10 2014 by Andrei Yefinczuk and Marcelo Johann - adapting to Analog Summing
--
-- Recorded audio file has number n+1, after n imported audio tracks (limited to 16 here)
--

on run argv
  -- set jobname to (item 1 of argv)
  -- set jobnumber to (item 2 of argv)
  -- set jobtime to (item 3 of argv)
  -- set jobNumberOfTracks to (item 4 of argv)
  -- fixed data for testing purposes
  set jobname to "projeteste"
  set jobnumber to 10
  set jobtime to 14
  set jobNumberOfTracks to 16
  set DAW to "Cubase LE AI Elements 6"
  set posixpath to "/Users/marcelojohann/Music/AnalogFarm"
  set trackspath to "/Library/WebServer/Documents/results"
  set resultspath to "/Library/WebServer/Documents/results"
  tell application "Finder" to make new folder at POSIX file posixpath with
  properties {name:jobname & jobnumber}
  delay 1
  tell application DAW to activate
  -- create new project
  tell application "System Events"
    tell process DAW
      keystroke "n" using {command down}
      delay 3
      tell window "Project Assistant" to click radio button "Prompt for project location"
      keystroke return
      delay 0.5
      -- locate folder
      tell window "Set Project Folder"
        keystroke "g" using {shift down, command down}
        delay 0.5
        keystroke posixpath
        delay 1
        keystroke return
      end tell
      delay 1
      keystroke jobname & jobnumber
      tell window "Set Project Folder" to click button "Open"
    end tell
  end tell
  -- IMPORT audio tracks
  repeat with trackNumber from 1 to jobNumberOfTracks
    tell application "System Events" to keystroke "a" using {shift down}
    delay 1
    tell application "System Events" to keystroke return
    delay 1
    tell application "System Events" to keystroke "a" using {control down}
    delay 1
    tell application "System Events"
      tell process DAW
        -- locate folder
        tell window 1
          tell application "System Events"
            keystroke "g" using {shift down, command down}
            keystroke trackspath
            delay 1
            keystroke return
            delay 1
          end tell
        end tell
      end tell
      -- select file name
      tell window "Import Audio" to keystroke jobname & trackNumber & ".wav"
      delay 0.5
    end tell
  end repeat
end run

```

```

        tell window "Import Audio" to keystroke return
        -- click return to 'OK'- default is to not copy the wave file
        delay 1
        keystroke return
        delay 1
    end tell
end tell
end repeat
-- Prepare and record
tell application "System Events"
    tell process DAW
        -- save named project
        keystroke "s" using {command down}
        delay 1
        keystroke jobname & jobnumber
        --tell window "Save As" to click button "Save"
        keystroke return
        -- add track
        keystroke "A" using {shift down}
        -- verify this return - seems not needed, but it does not hurt - keep to import MIDI -
        keystroke return
        -- set to record
        -- select all
        keystroke "a" using {command down}
        -- set locators to selection
        keystroke "p"
        -- activate punch in and punch out
        keystroke "i"
        keystroke "o"
        -- play selection
        keystroke space using {option down}
        -- RECORDING: wait to finish
        delay jobtime + 9
    end tell
end tell
tell application DAW to activate
tell application "System Events"
    tell process DAW
        -- save and close
        delay 0.5
        keystroke "w" using {command down}
        delay 0.5
        keystroke return
    end tell
end tell
set audiofile to "/" & jobname & jobnumber & "/Audio/Audio 0" & (jobNumberOfTracks + 1) & "_01.wav"
set sourcefile to "" & posixpath & audiofile & ""
set targetfile to resultspath & "/" & jobname & "mixed" & ".wav"
do shell script "mv " & sourcefile & " " & targetfile
end run

```