



**UFMG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE MÚSICA**  
**MESTRADO EM MÚSICA**

**FELIPE ANDRÉ FLORENTINO SILVA**

**PROCESSOS E CAMADAS DA MÚSICA EM REDE**

Belo Horizonte  
2016

FELIPE ANDRÉ FLORENTINO SILVA

**PROCESSOS E CAMADAS DA MÚSICA EM REDE**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA  
A  
ESCOLA DE MÚSICA  
DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS,  
PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE  
MESTRE EM MÚSICA

Orientador: Sérgio Freire Garcia

Programa de Pós Graduação em Música  
Linha de Pesquisa: Sonologia

Belo Horizonte  
Outubro de 2016

S586p Silva, Felipe André Florentino

Processos e camadas da música em rede. / Felipe André Florentino Silva.  
--2016.

114 f., enc.; il.

Orientador: Sérgio Freire Garcia.

Área de concentração: Sonologia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

Inclui bibliografia.

1. Música 2. Telemática. 3. Interdisciplinaridade. I. Garcia, Sérgio Freire.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. Título.

CDD: 789.91



Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Música  
Programa de Pós-Graduação em Música

Dissertação defendida pelo aluno FELIPE ANDRÉ FLORENTINO SILVA, em 24 de outubro de 2016, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

---

Prof. Dr. Sérgio Freire Garcia  
Universidade Federal de Minas Gerais  
(orientador)

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Bavaresco de Naveda  
Universidade do Estado de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Jalver Machado Bethônico  
Universidade Federal de Minas Gerais

*Dedico esse trabalho  
À querida Júnia, minha filha curandeira da Amazônia*

## Agradecimentos

Agradeço ao Ilê Axé Odé Tobi de Oxossi, a Oxaguian Ajagunã e a Oxum mais linda da Bahia, forças da natureza que acolhem a todo momento.

Agradeço a meu pai Ernani por ensinar a persistência e perseverança na vida, a minha mãe Lucilene pelo carinho e afeto e a minha irmã Fernanda pelo apoio incansável e exemplo de força.

Aos meus tios Birinha e Dário pela atenção e sábios conselhos desde sempre.

Ao espírito Salesiano que me acolheu com a filosofia do santo São João Bosco, na figura do Pe. Paulo Andrade.

Ao meu orientador Sérgio Freire pela prontidão, paciência e valiosas dicas na correção do texto final.

Aos membros da banca Luiz Naveda, pelos aprendizados valiosos com a ferramenta Pure Data e Jalver Bethôncio pelas preciosas dicas na correção do texto da qualificação.

À eterna orientadora Ivani Santana que durante minha iniciação à pesquisa apresentou-me ao mundo fantástico da pesquisa científica em artes.

Ao Grupo de Pesquisa Poéticas Tecnológicas, pelos espetáculos que montamos, pelo incentivo à pesquisa e pelo trabalho colaborativo que aprendi participando das equipes artísticas e tecnológicas.

Ao Coletivo A-Feto, Grupo de Dança Teatro da UFBA, que recebeu meu corpo, minha dança e minha música com muita performance somática.

À performer e amiga Ciane Fernandes que acompanha a dança do meu corpo desde o início do processo de construção de um artista pesquisador interdisciplinar.

Ao amigo Yves Tanuri, músico talentoso que sempre deixa acesa a chama do músico que há dentro de você.

Ao amigo Pedro Lacerda, programador camarada que tanto me ensina.

Um agradecimento especial aos amigos pesquisadores, Mariana Terra, Lenine Guevara, Morgana Gomes, Danilo Pinho, Pedro Filho Amorim, Cristiano Figueiró que sempre deixam acesa a chama do pesquisador que há em você.

À Felipe Benevides, Rafaela Moreira e Annea, acolhedores com ouvidos e abraços atentos.

À Líria Morais pela força incomparável na reta final dessa pesquisa de mestrado

Aos criadores do computador e da Internet.

Agradeço a cidade de Salvador-Bahia, por sua magia e encantos do seu povo.

As montanhas mineiras por seu acolhimento familiar.

Aos curandeiros e pajés de todo o mundo.

Ao povo brasileiro que financiou essa pesquisa por meio da agência de fomento Fapemig.

*Cresci sob um teto sossegado,  
meu sonho era pequenino sonho meu.  
Na ciência dos cuidados fui treinado.*

*Agora, entre meu ser e o ser alheio  
a linha de fronteira se rompeu.*  
**Waly Salomão: Câmara de Ecos (1993)**

## PROCESSOS E CAMADAS DA MÚSICA EM REDE

**Resumo:** Esta dissertação verifica a utilização da computação musical e das tecnologias de redes de Internet, como meio ambiente para o desenvolvimento de sistemas de composição interativa e distribuída geograficamente. A abordagem escolhida engloba o levantamento de informações acerca da multiplicidade das tarefas existentes na produção e performance de música em rede, em uma tentativa de oferecer um conhecimento abrangente e proporcionando autonomia aos participantes. A Arte Telemática, em geral, habita por sua própria natureza campos interdisciplinares. Neste trabalho são discutidas tanto as diferentes abordagens, classificações e conceitos quanto às demandas e funções em uma apresentação de Música em Rede, a fim de proporcionar uma base teórica para a chamada Música Telemática. Destacamos ainda as ferramentas tecnológicas envolvendo roteamento de áudio via rede, transmissão de vídeo e monitoramento das conexões na rede de Internet. Esta pesquisa aponta que ao assumir os entraves/recursos do meio ambiente telemático nos deparamos com uma situação emergente para o pensamento composicional e criativo em música onde, as tradicionais relações entre músicos, espaço, compositor, interprete e público é tensionada.

**Palavras-chave:** Música em Rede, Músico Telemático; Transmissão de Áudio via Rede; Ferramentas de Computação Musical Distribuída; Interdisciplinaridade.

## PROCESSES AND LAYERS OF NETWORKED MUSIC

**Abstract:** This dissertation intends to verify the use of computer music and Internet networking technologies, such as the environment for the development of interactive musical composition systems distributed geographically. The chosen approach encompasses the data survey about multiplicity of tasks in production and performance of network music in an attempt to provide a comprehensive knowledge and providing autonomy to participants. The Telematic Art, generally lives by its own nature interdisciplinary fields. This work are discussed both the different approaches, classifications and concepts as the demands and functions in a music presentation Network, in order to provide a theoretical basis for the Networked Music. Also highlight the technological layers involving audio routing with computer networks, video transmission and monitoring of Internet connections. The research shows that by incorporate the barriers / resources from the network computing environment, we are faced with an emerging situation for composite and creative thinking in music where, as the traditional relations between musicians, space, composer, interpreter and audience are stressed

**Keywords:** Networked Music, Telematic Musician; Audio Streaming; Tools of Distributed Computer Music; Interdisciplinarity

## Declaração

Alguns conceitos e argumentos apresentados nesta dissertação já apareceram nas seguintes publicações do autor:

Silva, Felipe André Florentino. “Música Telemática - Latência, Atitude Composicional E Presentidade.” *IV Seminário Música Ciência Tecnologia: Fronteiras E Rupturas - ECA/USP*, 297–307. São Paulo, 2012.

Silva, Felipe André Florentino. “Ópera Geograficamente Distribuída, Participação Interdisciplinar em Networked Music Performance”. *39 Festival Internacional de Música Belkiss Spenziari Carneiro de Mendonça*. Goiânia. V. 39 Anais... 2014.

Silva, Felipe André Florentino. “Contribuições participativas para Networked Music Performance”. *III SIMPOM - Simpósio Brasileiro de Pós-Graduandos Em Música*, UNIRIO, Rio de Janeiro, pp.908–918. 2014.

Silva, Felipe André Florentino. “Performance Musical via Rede: Telepresença Sonora em Processo”. *IV Congresso de Comunicação e Música*, Rio de Janeiro. Anais..., 2015.

Silva, Felipe André Florentino. “Camadas Tecnológicas da Música feita Através da Rede de Internet”. *IV SIMPOM - Simpósio Brasileiro de Pós-Graduandos Em Música*, UNIRIO, Rio de Janeiro, pp.1077–1086. 2016

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 01 – Diagrama da arquitetura de rede de Paul Baran
- Fig. 02 – Mapa da *backbone* da RNP
- Fig. 03 – Diagrama dos caminhos de dados dos computadores do grupo The Hub
- Fig. 04 – Conclusões estatísticas
- Fig. 05 – Latência natural da orquestra
- Fig. 06 – Exemplo de uma sessão do NINJAM
- Fig. 07 – Sistema de classificação proposto por Álvaro Barbosa
- Fig. 08 – *Four way clapping test session* entre Londres e Salvador
- Fig. 09 – Interação musical entre Londres e Salvador
- Fig. 11 – Visualização gráfica da Obra *Netrooms*
- Fig. 12 – Diagrama do fluxo de áudio e dados
- Fig. 13 – ambiente de mixagem em 8 canais da obra *Netroomns*
- Fig. 14 – Ambiente sonoro - Pauline Oliveros – Troy
- Fig. 15 - Ambiente sonoro - Jerome Joy – Aix-en-Provence
- Fig. 16 - Ambiente sonoro - Dan Wilcox – Linz
- Fig. 17 - Ambiente sonoro - Pedro Rebelo e Percussionista - NY
- Fig. 18 - Partitura do grupo A – Summer Snail
- Fig. 19 - Partitura do grupo B – Summer Snail
- Fig. 20 - Topologia da rede na obra Summer Snail
- Fig. 21 - Exemplo da *live-score* do árbitro
- Fig. 22 – Exemplificação gráfica do processo de amostragem de um som senoidal
- Fig. 23 – Interface do `qjackctl`
- Fig. 24 – Mesa de som - Ambiente de programação do Pd
- Fig. 25 – Ambiente da ferramenta Arthron
- Fig. 26 – Interface de baixa arquitetura do TeleCorpo
- Fig. 27 – Esquema geral de transmissão usando o sistema ViMiC
- Fig. 28 – *Patch* criado em Pd para sincronizar áudio e vídeo
- Fig. 29 – *Buffer* e latência entre a fonte sonora e o destino do áudio
- Fig. 30 – Objetos do Pd que trabalham com envio de dados

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1 REDE DE INTERNET.....	18
1.1 A REDE COMO MEIO.....	22
1.1.1 LATÊNCIA ( <i>DELAY</i> ) COMO RECURSO.....	23
1.2 MÚSICA EM REDE, NA REDE E COM A REDE.....	26
1.2.1 TRABALHOS PIONEIROS.....	28
1.2.2 ASPECTOS TÉCNICOS E ESTÉTICOS NA LITERATURA.....	31
1.3 DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES.....	37
2 – PROCESSOS E CAMADAS NA CRIAÇÃO E PRÁTICA DE MÚSICA EM REDE.....	49
2.1 FUNÇÕES, TAREFAS E EXEMPLOS.....	49
2.2 UMA PEQUENA SELEÇÃO DE OBRAS.....	58
2.2.1 <i>NETROOMS: The Long Feedback</i> (2008), de Pedro Rebelo.....	59
2.2.2 <i>SUMMER SNAIL</i> (2010-2012) de Felipe Hickmann.....	66
3 – AMBIENTAÇÃO TECNOLÓGICA.....	73
3.1 ITINERÁRIO DO SOM.....	76
3.2 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS.....	79
3.2.1 FERRAMENTAS DE ÁUDIO.....	80
3.2.2 FERRAMENTAS DE VÍDEO.....	84
3.3 RETROALIMENTAÇÃO DE ÁUDIO E SINCRONIA.....	88
3.4 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO EM REDE.....	90
4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS.....	110
MINERAÇÃO DE DADOS.....	110
CHECKLIST PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	111

## INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento da Internet tem permitido a criação de ambientes musicais que envolvem participantes conectados em diferentes locais geográficos. A música realizada com mediação de sistemas telemáticos, basicamente, proporciona situações de performance musical em tempo presente onde as tradicionais conexões (visuais e auditivas) entre os participantes são mediadas por uma rede de Internet. Dessa forma, é incluída no escopo da chamada Arte Telemática, que é um descritivo de projetos de arte que usam como mediador e ambiente de criação conjunta os chamados sistemas telemáticos.

O termo "Telemática" é um neologismo inventado pela funcionária do governo francês Simon Nora e o empresário e ensaísta Alain Minc, em um relatório ao presidente da França em 1978, e foi criada pela combinação de duas palavras: Telecomunicação e Informática. (Bell, 1980). Telecomunicação pode ser definida como a comunicação à distância através do uso de tecnologia, e informática pode ser definida como um ramo da ciência que lida com o processamento automatizado de informações. A telecomunicação “busca ampliar e multiplicar as possibilidades de contato, ou seja, de alcançar e encontrar o outro” (Vicente, 1997, p.48), “tele” vem do grego “*telos*”, e significa distância, a palavra comunicação deriva do latim “*communicare*”, que significa tornar comum, partilhar, conferenciar. “A principal finalidade das telecomunicações é suprir a necessidade humana de se comunicar à distância”. (Medeiros, 2007, p.16).

Um sistema telemático é a combinação de *softwares* e *hardwares* específicos para proporcionar o envio e recebimento de informações entre locais deslocados em tempo real. Um proeminente uso da telemática na sociedade de hoje é o GPS, ou o sistema de posicionamento global por satélite, que monitora e transmite informações de localização de e para um dispositivo em tempo real. Na Arte Telemática os dados enviados e recebidos servem como material estético para a construção artística.

A motivação que justifica a presente pesquisa deriva-se de um percurso não muito usual na formação musical universitária brasileira, em que, as escolas de

música na maioria das vezes sugerem aos seus estudantes poucos estímulos extramusicais. Em março de 2008, iniciei os estudos tradicionais no curso de Bacharelado em Composição na Escola de Música da Universidade Federal da Bahia (Emus/UFBA), cursando as disciplinas de Composição, Contraponto, Piano, Percepção e Canto Coral; em agosto do mesmo ano, participei das oficinas oferecidas pelo GENOS, Grupo de Pesquisa em Computação Musical, coordenado pelo professor e pesquisador Pedro Kröger. GENOS é um grupo multidisciplinar de pesquisa em teoria, composição, e computação musical com linhas de pesquisa em Música Computacional, desenvolvimento e utilização de Software Livre, Análise e Composição Musical. As primeiras oficinas foram: Introdução ao Linux, *Pure Data*, *Lilypond*, *Csound*, *Ardour*, todos softwares com o código fonte publicado sob licenças livres, o que permite ao usuário execução, estudo, aperfeiçoamento e redistribuição da ferramenta, afirmando o interesse em aprender, e compartilhar o que aprendemos com os outros. Nesse contexto, surgiram oportunidades de se trabalhar com música e mediação tecnológica e participar de projetos de arte colaborativa.

No ano de 2010, busquei grupos de trabalho interdisciplinar em arte. Na UFBA, encontrei dois grupos importantes com produção relevante tanto acadêmica quanto artística: o Grupo de Pesquisa Poéticas Tecnológicas (GP Poética)<sup>1</sup>, e o Coletivo AFETO, que é o grupo de Dança-Teatro da UFBA.<sup>2</sup>, nos quais participei desde 2010 até minha formatura na Escola de Música em 2014. Em agosto de 2010 entrei para o GP Poética, durante dois anos participei como bolsista pesquisador em iniciação científica orientado pela artista e professora Ivani Santana, outros dois anos como artista e programador convidado, integrando a equipe artística e técnica de seis grandes projetos de pesquisa em artes integradas dentro da Cultura Digital: “E-Pormundos Afeto” em 2010, “Res você Duchamp seu Texto e Eu” em 2010, “Frágil” em 2012, “*Dancing Across Oceans*” em 2012, “*Embodied in Varios Darmstadt'58*” em 2013 e “Gretas do Tempo<sup>3</sup>” em 2014.

Em setembro de 2010, matriculei-me na atividade Laboratório de

1 Para informações sobre o grupo de pesquisa acessar o site: [www.poeticastecnologicas.com.br/site](http://www.poeticastecnologicas.com.br/site)

2 Site para obter mais informações sobre o grupo de dança-teatro da UFBA: [www.cianefernandes.pro.br](http://www.cianefernandes.pro.br)

3 Para detalhamento dos projetos citados acessar o site: [www.poeticastecnologicas.com.br/site/projetos](http://www.poeticastecnologicas.com.br/site/projetos)

Performance (TEA 794) do Programa de Pós-Graduação em Artes Cênicas PPGAC/UFBA. A atividade é coordenada pela performer e pesquisadora Ciane Fernandes, e tem como proposta a Abordagem Somático Performativa aplicada ao ensino, pesquisa e extensão em artes. Ao interagir com a atividade e os outros alunos, integrei o Coletivo A-FETO – Grupo de Dança Teatro da UFBA, criado e coordenado também por Ciane Fernandes. O grupo tem como objetivo a exploração da linguagem da dança-teatro, com a criação de obras e *work in progress* inéditos, acompanhado da formação de artistas cênicos nesta estética e da pesquisa acadêmica (leituras, debates, participação em mesas redondas, tradução de textos, publicação de artigos e livros, etc.) Participei como performer e compositor de paisagem sonora em 5 obras de dança-teatro-ritual: “GEBO pi” (Runa da Parceria), 2011; “HipNose” – a menor distância entre dois pontos, 2012; “Tudo é casa”, 2013; “Multikuti”, 2013, “Células Tronco”, 2013; “Sintonia Cromática”, 2014.<sup>4</sup>

Este percurso da graduação em música, resumidamente, pode ser adjetivado como “sonológico”, onde os diálogos, entre três envolvimentos, (estudos musicais formais, computação musical com software livre e coletivo artístico), trouxeram inspiração e interesse para buscar uma linha de pesquisa aberta à integração artística e tecnológica.

A linha de pesquisa Sonologia, em nosso país, adota uma posição que envolve tanto o estudo crítico, analítico e reflexivo a respeito das práticas sonoras, quanto os envolvimentos com os aspectos criativos dessas práticas, abarcando algumas possibilidades de interação entre a prática acadêmica, a pesquisa científica e a criação artística, assim como ressalta o pesquisador Fernando Iazzetta.

A delimitação da Sonologia é problemática justamente por operar nas interfaces entre disciplinas, linguagens e campos de investigação. Se o som é o seu elemento catalisador, sua abordagem surge de uma relação centrífuga e de espalhamento. A começar pelo seu próprio objeto que não é apenas o som, mas o som em relação a algo: sua natureza acústica, sua potencialidade estética, suas marcas e resquícios históricos etc. Seu território não se restringe à música, mas envolve tantas outras manifestações que gravitam, se confrontam ou mesmo guardam pouca relação com ela, como as artes sonoras, as paisagens sonoras, as questões de escuta, a

4 Os detalhes dessas obras podem ser consultados no link: [www.felipeandre.wordpress.com/performance](http://www.felipeandre.wordpress.com/performance)

configuração acústica dos ambientes, os modos de produção sonora e suas relações com os gestos, as dimensões cognitiva, cultural e comunicacional do som, as relações entre som e imagem. Portanto a Sonologia não pode partir de um único ponto de vista já que seu objeto não é único. Isso não significa uma inconsistência de método, mas demanda uma abordagem do som que deve ser reformulada de acordo com aquilo que se busca investigar, compreender ou realizar. (lazzetta, 2014, p.2)

Busca-se aqui não apenas dissertar sobre um tema ou assunto dentro da Sonologia, mas enriquecer o campo, as demandas, percursos e *modus operandi* específicos da própria linha de pesquisa.

Neste trabalho, serão discutidas tanto as diferentes camadas de informação e seus aspectos técnicos, quanto os paralelos entre o processo criativo e estes aspectos técnicos, a fim de se proporcionar uma base teórica para a chamada Música em Rede; para isso vamos elucidar os processos e camadas envolvidos na criação colaborativa em Rede. Especificamente buscou-se: 1) revisar a literatura acadêmica na área de Música em Rede, usando-a como referencial teórico para a pesquisa; 2) elucidar os aspectos tecnológicos das camadas e processos envolvidos na Música em Rede e 3) discutir exemplos musicais com diferentes abordagens composicionais e tecnológicas, por meio das partituras, *softwares*, configurações do ambiente de rede e detalhamento de montagens, para compreender o funcionamento das obras.

Diversos pesquisadores, (Juan-Pablo Cáceres, Chris Chafe, Alain Renaud, Pedro Rebelo, Alexander Carôt, Felipe Hickmann, Julián Jaramillo, entre outros), vêm desenvolvendo projetos que são adotados pela comunidade de compositores interessados em compor música baseada no conceito de performance distribuída geograficamente, e a partir do contato com pesquisas semelhantes iremos delimitar os referenciais teóricos mais adequados para nos amparar neste projeto. A partir do referencial teórico levantado, descreveremos obras relevantes elucidando os aspectos composicionais e tecnológicos, buscando exemplificar as diferentes abordagens da criação e difusão da Música em Rede e passaremos então, à análise dos estudos de caso, aprofundando a compreensão sobre as estratégias usadas pelos compositores para lidar com a interatividade entre as equipes e o

público envolvidos em diferentes locais geográficos, além das demandas e múltiplas tarefas envolvidas num processo como esse.

## 1 REDE DE INTERNET

A Internet tem suas raízes na década de 1960, quando muitos países estavam trabalhando independentemente em ideias semelhantes de comunicações de alta velocidade. Nos Estados Unidos, o ímpeto para a Internet em grande parte veio da *Advanced Research Projects Agency (ARPA)*, que começou a trabalhar no que ficou conhecido como a ARPANET, a fim de compartilhar recursos ilimitados em informática. (Moschovitis & Christos, 1999).

Joseph Licklider, o diretor de técnicas de processamento de informação da ARPA, foi a primeira pessoa a realmente conceber a Internet da maneira que vemos hoje: como uma rede que liga as pessoas, independentemente da distância, permitindo que elas se comuniquem através do seu computador. Também no início dos anos 1960, o engenheiro americano Paul Baran estava trabalhando em sistemas de comunicação de alta velocidade na *RAND Corporation*, apoiando as forças armadas americana. (Moschovitis & Christos, 1999). O chefe das forças armadas dos EUA perguntou para Paul Baran como as estações de comunicação deveriam ser organizadas para proteger a comunicação do país no caso uma 3ª guerra mundial. Baran escreveu um artigo descrevendo a ideia de comutação de pacotes, que envolveu dados digitais sendo separados em pequenas unidades, em seguida, distribuídos ao longo de um rede e reagrupados em uma mensagem completa no fim de recepção. Portanto a melhor resposta seria a organização distribuída. (Fig. 01)

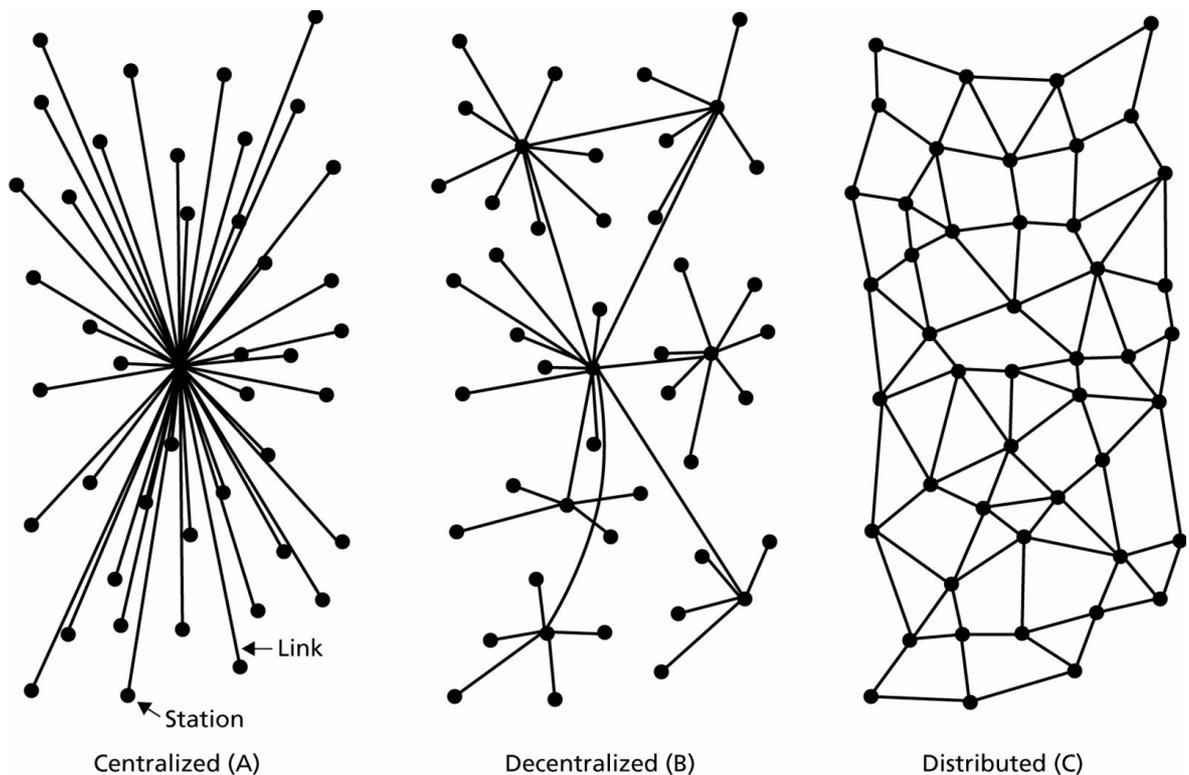


Fig. 01 – Diagrama da arquitetura de rede de Paul Baran, (Baran, 1964, p.2). Demonstra a confiabilidade da rede de telecomunicações. Com múltiplos caminhos temos a rede distribuída, com caminhos restritos ou únicos, temos hierarquia. Quanto mais distribuição, mais conectividade, e quanto mais conectividade mais interação.

A internet é uma rede de comunicação que possui diversos caminhos para transmissão de dados entre dois pontos. Aliás, essa característica foi fundamental para o sucesso da internet. Se um segmento da rede falhar ou estiver congestionado, a transmissão de dados é dinamicamente roteada por outro caminho - que pode vir a ser mais longo que o caminho previamente usado, modificando o atraso e aumentando a sua variação. Estas e outras ideias sobre redes distribuídas foram sendo desenvolvidas na criação da ARPANET, que teve lugar definitivo em 1969. Esta foi a primeira rede desse tipo, e seus criadores não tinham ideia do quanto isso mudaria o mundo, já que este foi o primeiro passo para uma revolução nas telecomunicações.

Em 1971, a evolução da ARPANET levou ao e-mail, quando o programador norte-americano Ray Tomlinson criou vários programas que poderiam ser usados para o envio e recebimento de mensagens online. Pouco tempo depois, em 1974, o

TELENET (um gêmeo público para o ARPANET militar) foi estabelecido, ligando pessoas em várias cidades por meio de computadores, sendo a primeira tentativa de entrega da rede para os usuários domésticos. (Moscovitis & Christos, 1999, p.79-80).

Em 1979, a ARPANET já tinha crescido e agregava mais de cem diferentes locais, principalmente universidades e departamentos de ciência da computação. Eventualmente, outras redes que se desenvolveram continuaram a crescer até que a Internet foi definida oficialmente, em 1983, para incluir todas as redes que usavam *Transmission Control Protocol* e *Internet Protocol* (TCP / IP). (Ibidem, p. 109-110). Muitos destes avanços levaram à introdução da *World Wide Web* em 1989, projetada pelo cientista da computação inglês Tim Berners-Lee no *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN), na Suíça. Muitas pessoas confundem a *World Wide Web* (WWW) como sendo a Internet, o que não é o caso. A *WWW* é uma plataforma que a maioria das pessoas usam na Internet. Esta é constituída por documentos e outros recursos que são identificados por URLs, e estão ligados entre si através de hipertexto, que podem ser acessados através da Internet. A Internet é a própria rede de computadores, não o conteúdo. A *World Wide Web* facilitou a agregação de outros meios de comunicação, formando, assim, um novo meio. (Ibidem, p. 114-115).

No Brasil, em 1989, o Ministério da Ciência e Tecnologia lança um projeto pioneiro, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). Existente ainda hoje, a RNP é uma organização de interesse público cuja principal missão é operar uma rede acadêmica de alcance nacional. Quando foi lançada, a organização tinha o objetivo de capacitar recursos humanos de alta tecnologia e difundir a tecnologia Internet através da implantação do primeiro *backbone* nacional (Carvalho, 2010, p.106). O *backbone* funciona como uma espinha dorsal, mas diferente de uma espinha dorsal animal, ela é a infraestrutura que conecta todos os pontos de uma rede. O primeiro *backbone* brasileiro foi inaugurado em 1991, destinado exclusivamente à comunidade acadêmica. Mais tarde, em 1995, o governo resolveu abrir o *backbone* e fornecer conectividade para provedores de acesso comerciais. A partir dessa decisão, surgiu uma discussão sobre o papel da RNP como uma rede estritamente

acadêmica com acesso livre para acadêmicos, e taxada para todos dos outros consumidores não acadêmicos. Com o crescimento da demanda pela Internet comercial, a RNP voltou seus esforços apenas para a comunidade científica. (Ibidem, p.122). Em 2000, foi implantado o *backbone* RNP2 (Fig. 02) com o objetivo de interligar todo o país em uma rede de alta tecnologia. Atualmente, o RNP2 conecta os 27 estados brasileiros e interliga mais de 300 instituições de ensino superior e de pesquisa no país<sup>5</sup>. A RNP proporciona infraestrutura favorável para a produção brasileira de Arte em Rede entre as universidades.

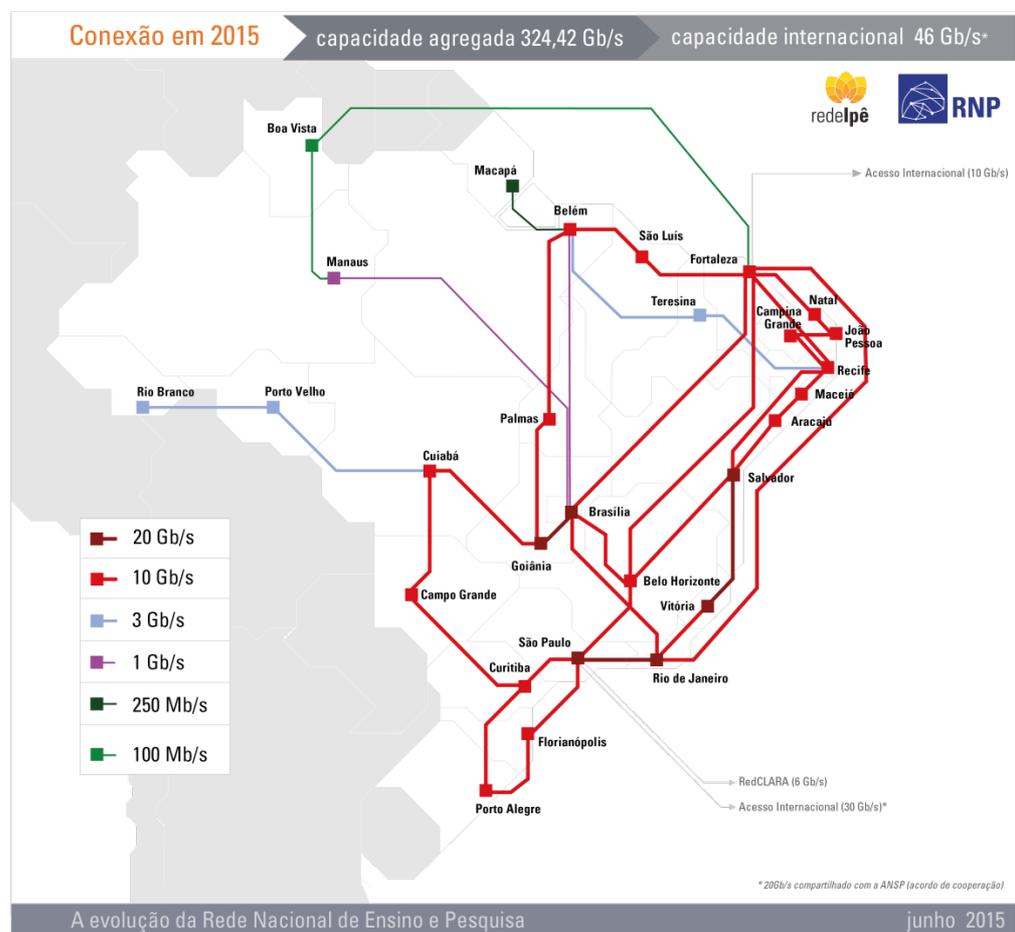


Fig. 02 – Mapa da *backbone* da RNP, também chamada de Rede Ipê. Na UFMG temos um link de 10Gb/s de sinal. A partir de São Paulo podemos ter acesso a RedCLARA e toda a malha de rede da América Latina, além do acesso internacional para diversos países do mundo.

## 1.1 A REDE COMO MEIO

A Internet enquanto meio ambiente para produção e difusão de música, contribui para a discussão sobre as tradicionais relações entre produzir e ouvir música. Essa discussão está diretamente relacionada com os processos culturais de produção de sentido na sociedade, como ressalta o texto do pesquisador Fernando Iazzetta:

Vivemos numa cultura de redes, onde o paradigma não se apoia no modelo unidirecional da sociedade de cultura oral, mas estabelece uma rede de conexões. Nessa cultura de redes a informação visa os indivíduos ou grupos específicos, ao invés da mídia, busca-se o específico, o atualizado, o particular. Essa nova forma de organização se consolida explicitamente com o suporte das redes de Internet, (Iazzetta, 2001, p.204).

No presente trabalho, vamos tratar a “rede de Internet” como meio, não apenas em seu caráter mediador de informação, mas também de como ela torna-se o meio ambiente que determina as condições artísticas e estéticas para a criação de obras.

A rede de Internet liga locais geográficos distantes, conectando suas características físicas, sociais, culturais e funcionais, e ela também pode ser utilizada como “meio acústico”, o que será explicado mais adiante. Em outro “meio”, as condições de se fazer música podem se ampliar e algumas coisas que não podem ser feitas em um meio, torna-se realizáveis em outro. Isso fica bem claro nas características das manifestações musicais na cultura oral, na cultura de massas e na cultura de redes, como aponta o trabalho do pesquisador Fernando Iazzetta.

A música na cultura oral se manifestava pela emissão direta da informação, e era experienciada com nosso ouvido, mas também com nosso corpo, nossa presença durante a performance. A chamada cultura de massa, com seus processos de registro e reprodução, incorporou a “mediação” para ampliar o alcance da informação e do conhecimento. É através do meio, do suporte físico que registra a informação, congelando-a no tempo e espaço, conferindo-lhe materialidade, que a cultura de massa se tornou possível. Na cultura de redes vai haver um outro tipo de mediação que, de certa forma, “desmaterializa” novamente a informação eliminando a necessidade de correspondência entre a mensagem e o

meio e isso se dá através dos modos de representação digital. (lazzetta, 2001, p.204)

A música mediada pelos processos de representação digital permite que um computador conectado à Internet seja um instrumento altamente criativo, pois ao eliminar a correspondência entre a mensagem e o meio, mídia em que a mensagem é transmitida, modifica as configurações da atividade musical, isso porque “(...) no meio digital a informação não é transcrita de modo contínuo num meio físico, mas discretizada e convertida em símbolos abstratos de um alfabeto discreto”. (lazzetta, 2001, p.207), dados que ao serem compartilhados com a rede de Internet entram em fluxo, e esse fluxo de dados facilmente se torna o ambiente (*environment*) para a música acontecer.

Então, temos a rede de Internet como meio (mídia e ambiente) onde se dá a obra musical, ou seria ela o meio transmissor da ideia musical? Quais os recursos que uma rede de Internet pode proporcionar para criação musical? Esse meio atrapalha o músico? atrapalha a música? é outra possibilidade de se fazer música? Pensando de outra forma, podem os próprios instrumentos musicais serem considerados o meio transmissor da ideia musical, ou eles informam a ideia? Isso é difícil de responder, pois cada situação define o peso de cada um desses polos, no barroco por exemplo a música é menos resistente a ser tocada por diferentes instrumentos, eles interferem menos na mensagem; em outros casos, sem a instrumentação correta a obra nem existe, como na música eletroacústica ao vivo, por exemplo.

### **1.1.1 LATÊNCIA (*DELAY*) COMO RECURSO**

Uma característica (ou recurso) da rede de Internet que se destaca desde o primeiro momento é a questão da latência, *delay*, ou atraso na transmissão de dados. No caso, a sincronia e o atraso na transmissão de dados e áudio pela Internet em apresentações ao vivo pode ser vista com diferentes interesses, como ressalta o pesquisador Juan-Pablo Cáceres. “O atraso de transmissão de áudio em redes de alta velocidade é utilizado para criar dispositivos musicais para tocar com a rede e

na rede”, (Cáceres & Renaud, 2008, p.2), mostrando o *delay* de rede como um evento favorável ao meio onde se dá a obra musical. Por outro lado, o pesquisador Jullián Jaramillo relata que um dos principais problemas da Música em Rede está relacionado ao controle do ambiente de rede.

Temos dedicado muita atenção à solução de problemas técnicos tradicionais em rede, (*delay*, conectividade, *jittering*), porque acreditamos que a estabilidade em ambientes de música em rede é um ponto crucial a ser abordado. A integração e a sincronização do áudio, vídeo e metadados é muito importante, uma vez que melhora a comunicação entre os músicos durante a *performance*, e permite o desenvolvimento de estratégias complexas. (Arango et al., 2013, p. 2).

Também podemos pensar a latência da transmissão de dados como uma característica acústica inerente a este meio: o áudio distribuído entre dois ou três locais remotos cria um espaço acústico compartilhado, dentro do qual os músicos podem tocar juntos da mesma forma que em uma performance musical padrão que ocorre em um espaço acústico comum entre músicos e plateia. A diferença é que nas performances onde os músicos ou grupos musicais estão distribuídos, é necessário levar em conta a sobreposição de espaços acústicos, tanto para os músicos quanto para a plateia em cada nó da apresentação. Os pesquisadores Alain Renaud e Pedro Rebelo compartilham o conceito de “Acústica Remota” - *Remote Acoustics* (Renaud e Rebelo, 2006, p. 03), que se trata do uso de um localidade remota como câmara acústica para uma fonte de som, “eu capto aqui e soa lá”, tendo em vista vários espaços interligados em rede permitindo a partilha e sobreposição de espaços acústicos. Por exemplo, um microfone capta o ambiente de uma igreja e envia pela Internet para alto falantes numa praça pública; nesse áudio está inscrito o ambiente acústico da Igreja que é transportado via Internet para outro local com outro ambiente acústico, o som de um contexto transportado para outro contexto. Esses mesmos pesquisadores mencionam que a relação entre a latência e distância não é diferente da relação entre a fonte instrumental e reflexos acústicos em um salão.

Um bom exemplo da influência do meio (ambiente) para a realização musical

foi a música policoral veneziana, uma novidade estilística do final da Renascença. Esse estilo nasceu das peculiaridades arquitetônicas da Basílica de São Marcos, em Veneza. Cientes da latência sonora causado pela distância entre as galerias opostas, onde os corais se apresentavam, os compositores começaram a tirar proveito desse fato, utilizando-o como efeito especial. Já que era difícil conseguir que coros separados por uma longa distância cantassem a mesma música simultaneamente, compositores como Adrian Willaert, o mestre de capela de São Marcos nos anos de 1540, resolveram o problema escrevendo música em forma de antífona, onde coros opostos cantam sucessivamente, na maioria das vezes frases contrastantes da música. (Reese, 1959, p. 371). Isso é um interessante exemplo de como as peculiaridades arquitetônicas de uma simples construção, o meio ambiente da obra, vieram a influenciar o desenvolvimento de um estilo que não apenas tornou-se popular na Europa, mas representou um dos maiores saltos estilísticos da escrita polifônica que prevalecia na média Renascença, e conduziu diretamente àquilo que hoje conhecemos como estilo Barroco. (Grove & Sadie, 1995).

Os pesquisadores Gollo Föllmer, Álvaro Barbosa, Pedro Rebelo e Atau Tanaka, sugerem a incorporação da latência no envio de dados como elemento significativo nos processos de criação da Música em Rede, já que a sua utilização proporciona novos tipos de performance e novos propósitos para se fazer música, como Tanaka ilustra, "(...) cada rede herda um caráter temporal específico" (Tanaka, 2006). É esta característica que precisa ser considerada como um novo meio para a composição e performance musical, essa nova base temporal é, de fato, a característica mais intrigante que a rede de Internet pode proporcionar, assim como ressalta o pesquisador Gollo Föllmer.

Considero a latência na internet bastante interessante e penso nisso como uma espécie de acústica única deste meio [...] mais do que tocar música já existente nesta nova base temporal, o que me parece interessante é tentar encontrar uma linguagem musical que funcione nesta linha temporal [...] se um som demora meio segundo para ir de Paris a Nova York e outro meio segundo para voltar, então podemos criar uma música adaptada a esta acústica. (Föllmer, 2001, apud Barbosa, 2010, p.180)

Mas não é só a latência dos meios telemáticos que oferece novidade para o fazer musical; esse meio, primeiramente, suscita a ideia de tentar reproduzir o ambiente tradicional de se fazer música, mas ao mesmo tempo essas tecnologias de comunicação a distância se tornaram métodos para eliminar alguns limites geográficos, construindo pontes entre as culturas e favorecendo a arte. Como exemplo, podemos citar a obra emblemática *Bye Bye Kipling*, criada em 1986 pelo pai da video-arte, o artista coreano Nam June Paik.

Toque em São Francisco a mão esquerda da partitura da Fuga nº1 em Dó Maior do Cravo Bem Temperado de J.S. Bach, toque em Shanghai a mão direita da partitura da Fuga nº1 em Dó Maior do Cravo Bem Temperado de J.S. Bach, começando exatamente à meia-noite de 03 de março, (horário de Greenwich), metrônomo = 80, com transmissão ao mesmo tempo em ambos os lados do chamado Oceano Pacífico.<sup>6</sup>

Essa obra evoca a famosa frase do poema *The Ballad of East and West*<sup>7</sup> do artista inglês Rudyard Kipling –"Oriente é o Oriente e o Ocidente é o Ocidente e os dois nunca se encontrarão". *Bye Bye Klipping* surgiu para destruir este mito, que não vê conciliação possível entre o Oriente e o Ocidente. Aqui vemos o lado visionário de Paik e o grande potencial da transmissão de dados a favor da arte.

## 1.2 MÚSICA EM REDE, NA REDE E COM A REDE

Nos trabalhos de Arte em Rede podemos observar uma tendência a enfatizar os aspectos colaborativos. Isto se explica pela mudança de uma estrutura de comunicação centralizada para uma descentralizada, onde a colaboração entre criadores, intérpretes, técnicos de rede, programadores e público é essencial.

Uma pesquisa que aborda de forma abrangente o tema da colaboração em

6 -"Play in San Francisco the left-handed part of Fugue nº1 in C Major of *The Well-Tempered Clavier* by J.S. Bach, play in Shanghai the right handed part of Fugue nº1 in C Major of *The Well-Tempered Clavier* by J.S. Bach, starting at exactly midnight on March 3rd (Greenwich time) metronome tempo crotchet=80, Broadcast at the same time on both sides of the so-called "Pacific Ocean"

7 - O poema completo pode ser encontrado no livro de David Alan Richards. *A Bibliography of the Works of Rudyard Kipling* publicado em 2010 . (p. 74), and *ORG* Vol. 8, p. 5266.

música foi o trabalho do pesquisador Julian Jaramillo Arango. (Arango, 2014), onde é examinada criticamente uma série de práticas sonoras e musicais que tiram proveito das redes digitais para elaborar contextos de colaboração. Essas práticas dão lugar a um repertório de composições, performances, instalações, entre outros. Com o desenvolvimento da tecnologia de internet ao nível do usuário doméstico, podemos notar o avanço de novas culturas de colaboração que usam a rede como um ambiente para a troca de materiais criativos em formato digital. Outra iniciativa aplicada aos usuários domiciliares é o trabalho do pesquisador em computação musical Marcio Tomiyoshi, intitulada: "Performances musicais distribuídas através da Internet Residencial". (Tomiyoshi, 2013). Encontra-se aqui uma tentativa de se popularizar a possibilidade de tocar música pela Internet, por meio do desenvolvimento de uma ferramenta capaz de lidar com as limitações de largura de banda no acesso à internet comercial, e um método de compactação de áudio eficiente, que alia baixa latência algorítmica com alta qualidade sonora.

O Artista e pensador Roy Ascott, em seu ensaio *Is There Love in the Telematic Embrace?*.(Ascott, 1990), acredita que a Arte Telemática é, pela sua própria natureza, participativa. Ascott também afirmou que: "A cultura em rede significa, em suma, que nós não pensamos, vemos ou sentimos de forma isolada. Criatividade é compartilhada, a autoria é distribuída."(Ascott, 1990, p.233). A participação do público é uma possibilidade interessante e altamente variável na arte, e um elemento que Roy Ascott acredita que é necessário na arte em rede.

A "cultura telemática" consiste em um conjunto de comportamentos, ideias, meios de comunicação, valores e objetivos que são significativamente diferentes daqueles que moldaram a sociedade desde o Iluminismo. Novas metáforas e paradigmas culturais e científicos estão sendo gerados, novos modelos e representações da realidade estão sendo inventados, novos meios expressivos estão sendo fabricados. (Ascott, 1990, p. 241, tradução nossa).

Sendo assim, a atividade musical em rede requer um estudo ampliado da tradição instrumental e acústica, o que propõe refletir sobre os tradicionais vínculos entre criador, intérprete, público, tecnologia e espaço, além da criação de novas formas de participação e colaboração entre músicos distribuídos geograficamente, am-

pliando assim, os intercâmbios artísticos. No Brasil, o pesquisador Gilberto Prado, expõe suas reflexões sobre a emergência da Arte Telemática em seu livro “Arte Telemática – Dos Intercâmbios Pontuais aos Ambientes Virtuais Multiusuário”, (Prado, 2003). Porque essa arte hoje?

Os computadores e as redes de telecomunicações são indissociáveis da infra-estrutura econômica e de informação deste fim de século. Não nos surpreende que alguns artistas tenham escolhido trabalhar com essas tecnologias de comunicação predominantes. O acesso à complexidade do mundo se faz, de mais a mais, por essa intermediação tecnológica: formas de procedimento e de esquematização que, se para alguns vão desencadear uma uniformização do mundo e dar lugar a uma perda do sensível, para outros, ao contrário, serão as ferramentas e os instrumentos necessários para se aproximar e despertar o seu “próximo”, por mais longe que ele esteja. Os criadores que trabalham hoje com esses meios crêem estar diante de novas possibilidades e de transformações consideráveis, ou seja, diante de novos desafios. Entretanto, o interesse principal é de trazer uma visão sensível e crítica com a ajuda dessas novas possibilidades e ao mesmo tempo favorecer e estimular a circulação do imaginário social e coletivo. Desta forma, os artistas podem ajudar a explorar o espaço tecnológico e suas contradições. (...) O que o artista de redes visa exprimir em suas ações é uma outra relação com o mundo: tornar visível o invisível, através e com um “outro”, para descobrir e inventar novas formas de regulação com o seu meio, cujo funcionamento complexo coloca o indivíduo contemporâneo numa posição inédita. (Prado, 2003, p. 24).

### 1.2.1 TRABALHOS PIONEIROS

Iniciativas pioneiras se restringiam à infra-estrutura de rede precoce, como por exemplo, a obra *Public Supply* criada em 1966 por Max Neuhaus, composta para chamadas telefônicas, sons dos ruídos dos ouvintes, e *feedbacks*<sup>8</sup>. Max Neuhaus combinou a difusão de uma estação de rádio com a intimidade das redes telefônicas locais, criando um espaço aural público com vinte milhas de diâmetro, onde qualquer

8 - Retroalimentação sonora entre um microfone e um alto-falante.

morador de Nova York poderia participar de um diálogo sonoro fazendo uma chamada telefônica. Usando uma tecnologia que ele próprio tinha construído, foi capaz de mixar as chamadas que chegavam nos dez telefones dentro do estúdio da estação de rádio WBAI em Nova York, e depois transmitir essa mistura de sons e ruídos aos ouvintes da rádio, uma vez que os ouvintes que ligavam pelo telefone também tinham seus rádios ligados.

*“Com um amigo eu construí uma máquina de pré-atendimento com 10 telefones para atender chamadas. Cada telefone fica em uma pequena plataforma e possui uma alavanca controlada por um solenoide que se encaixa no seu receptor. Um copo de plástico com um microfone dentro foi montado sobre o alto falante do gancho do telefone. Os microfones e solenoides foram conectados a uma caixa com interruptores e acoplados a painéis, para dar ganho aos microfones, e a saída foi para um amplificador e um alto-falante. O engenheiro do estúdio olhou isso e hesitou em colocar no ar, pois esperava um caos sonoro. Foi um pouco estranho, mas não um caos. Não havia muito que pudesse fazer; ele virou a chave e colocou no ar. Eu tinha dito as pessoas que poderiam telefonar e emitir qualquer som que desejassem, além de deixarem seus rádios ligados durante a chamada para eu conseguir captar alguns feedbacks diferentes para trabalhar, me vi como uma espécie de moderador, tentei formar combinações interessantes, mas a primeira coisa que percebi foi que com uma mesa de som convencional era impossível controlar dez linhas ao mesmo tempo, eu tinha que encontrar uma maneira de usar a habilidade que minhas mãos de músico tinham para tornar essa situação mais fluida, então construí o que eu chamei de “mixer de dedo”, era uma placa plana com cinco fotocélulas dispostas na forma da minha mão. Cada visitante foi atribuído a duas destas fotocélulas com que eu podia controlar o seu ganho e posição no estereo (pan), assim, apenas movendo minha mão levemente e deixando mais ou menos luz entrar nas fotocélulas eu poderia moldar o ganho e posição (pan) de todas as dez chamadas simultaneamente, eu tinha um excelente controle, e isso permitiu mover e misturar o agrupamento de sons de forma veloz e dinâmica”. Fala de Max Neuhaus sobre a obra *Public Supply* (Neuhaus, 1994, p.21).*

A obra *Public Supply* mostra como a ideia de apenas usar a tecnologia disponível, proporcionou compartilhamento de conhecimento, criação de interfaces, no caso o mixer de dedo, novas configurações dos vínculos entre criador, interprete, público e fruidor, demonstrando o potencial inovador das topologias de rede de telecomunicações associadas à experiência musical e fruição sonora.

Um dos primeiros coletivos artísticos a experimentar prática musical por meio das redes de computadores foi *The League of Automatic Music Composers* (LAMC) no final dos anos setenta. O coletivo foi originalmente composto por Jim Horton, Tim Perkis e John Bischoff, eles usaram computadores em rede para troca de dados e mensagens com o objetivo de influenciar um ao outro enquanto tocavam. O grupo, mais tarde rebatizado como *The Hub*<sup>9</sup>, começou a experimentar colaborações remotas entre o oeste e a costa leste dos EUA, nas quais, devido à limitada largura de banda disponível no momento, o grupo trocou mensagens e sinais de áudio de baixa qualidade. Uma das tecnologias utilizadas pelo grupo foi o protocolo MIDI, que foi usado para estabelecer fluxos de comunicação em vários sentidos e criando configurações descentralizadas (Fig. 03), em um uso pouco habitual desse protocolo. Esta é uma característica do *The Hub*, o uso de metodologias inovadoras usando as tecnologias já existentes. Vale notar que com esse recurso criado pela rede de fluxo de informações musicais gera possibilidades que impulsionam e inspiram compositores interessados na Música em Rede.

O LAMC propôs o termo *Network Computer Music* para suas performances, tais performances forneceram a base para o paradigma típico de uma orquestra de laptop, com diferentes unidades de troca de dados musicais ou áudio com posterior processamento por outras unidades para a síntese ou a manipulação sonora. Notavelmente, a configuração seria com protocolos de algoritmos computacionais, podendo gerar música e som de forma determinística mas imprevisível, graças à natureza de realimentação do sistema. Os compositores do LAMC sugerem que fenômenos complexos poderiam emergir da interconexão e interação de componentes simples, apenas pelo fato de estarem em rede. Um registro<sup>10</sup> do grupo tocando em Oakland.

9 - Mais detalhes em - <http://crossfade.walkerart.org/brownbischoff/index.html>

10 - Video de registro de uma apresentação do *The League of Automatic Music Composers* (LAMC) - <https://youtu.be/HW0qax8M68A>

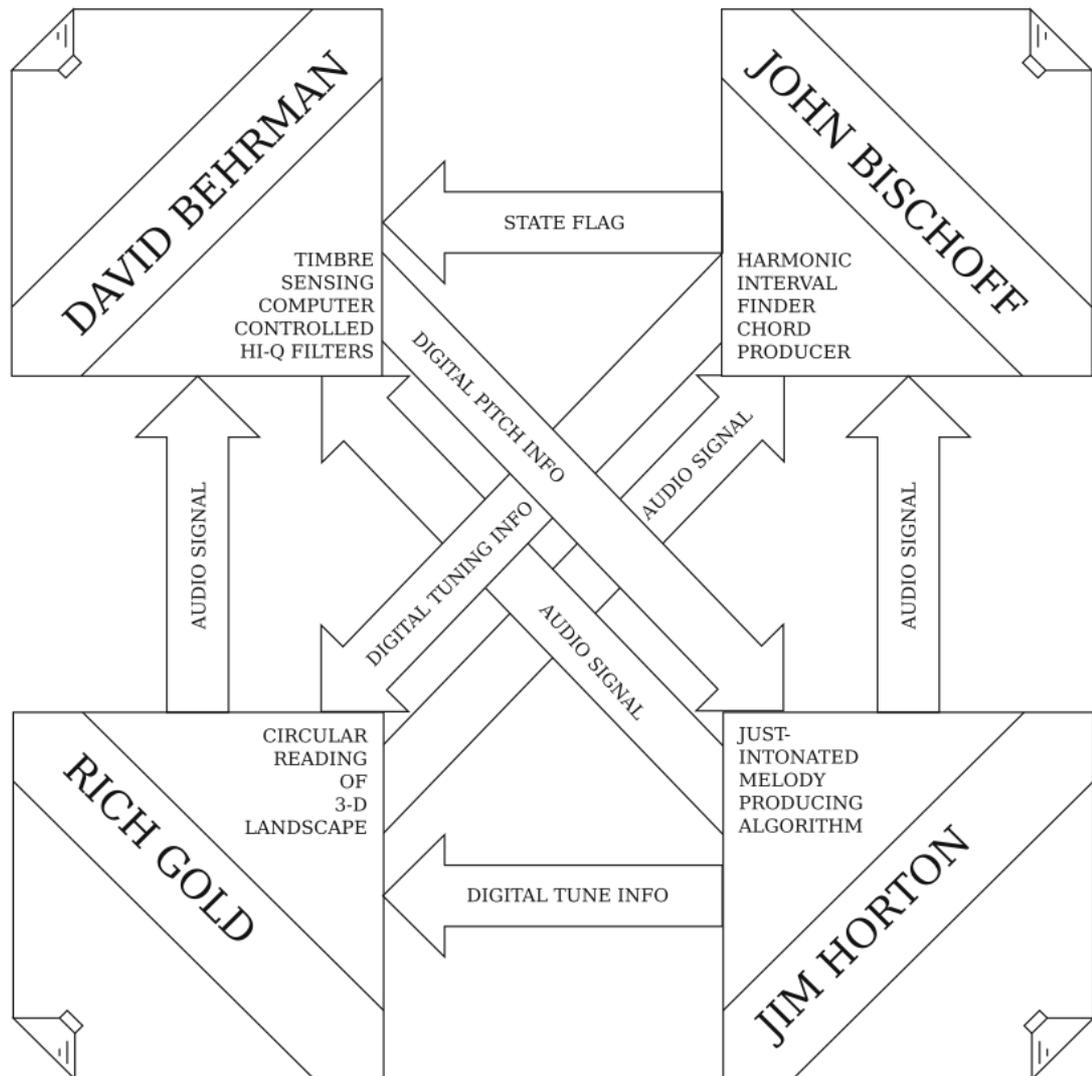


Fig. 03 - Diagrama dos caminhos de dados entre os computadores do grupo The Hub, e indicação do algoritmo musical em execução por cada integrante do grupo. (Gabrielli & Squartini, 2016, p.9).

## 1.2.2 ASPECTOS TÉCNICOS E ESTÉTICOS NA LITERATURA

Graças ao esforço de diversos pesquisadores e artistas em diferentes universidades do mundo, a pesquisa e prática de música e artes sonoras através das redes informáticas tem sido abordada por diferentes vias. No presente trabalho,

dividimos nosso foco com pesquisadores cujos trabalhos envolvem tanto as camadas e aspectos técnicos, como a exemplo de Juan Pablo Cáceres e sua equipe do *Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA), Stanford University*, com o artigo *To the Edge with China: Explorations in Network Performance* (Cáceres et al., 2008), onde é discutida as estratégias técnicas e musicais empregadas para suportar as demandas da produção, bem como metodologias específicas empregadas para a realização de uma obra musical entre EUA e China. Músicos e engenheiros em Stanford e Pequim relatam os problemas técnicos e musicais, que vão desde o uso de protocolos de rede para o sincronização entre artistas e computador, através de uma extensão de mais de 9000km, até as possibilidades reais de ensaio e adaptações musicais necessárias. Também incluímos o trabalho de Alexander Carôt e Christian Werner que publicaram o artigo *External latency-optimized soundcard synchronization for applications in wide-area networks*, (Carôt & Werner, 2009), onde é sugerida uma nova sincronização de placas de som remotamente e precisa, através de um método de comparação e ajuste das frequências internas das placas, em contrapartida ao antigo método de sincronização que só era possível via cabo.

Outro trabalho é o de Michael Gurevich e sua equipe do *Sonic Arts Research Centre (SARC) Queen's University Belfast*, com o artigo *Ambisonic Spatialization for Networked Music Performance*, (Gurevich et al., 2011), onde é discutido o potencial para a espacialização dinâmica de áudio no contexto da Música em Rede. Os pesquisadores demonstram os aspectos técnicos do uso do formato de som *Ambisonics*, concluindo que é um meio viável e eficaz para espacialização em tempo real e simultânea entre locais deslocados, além de permitir uma variedade de usos criativos que exploram a natureza do espaço, distância e localização na performance em rede.

Além das questões técnicas também agregamos as discussões estéticas da Música em Rede, a exemplo de Roy Ascott em seu ensaio *Is there love in the telematic embrace?* Onde o pesquisador examina o surgimento de uma "cultura telemática", que vê os indivíduos geograficamente dispersos serem ligados através de redes de comunicações, discutindo as forças determinantes da arte telemática.

Também a exemplo de Brian Kane da *Columbia University* em seu artigo *Aesthetic Problems of Net Music* (Kane, 2007), onde é verificada a falta de uma relação essencial entre a ontologia digital e seu meio de realização, concentrando-se nos resultados cognitivos, afetivos e sensoriais na apropriação do seu meio de realização. Além disso, o artigo apresenta uma possível corrente estética das obras de Música em Rede, e sugere algumas estratégias para a criação musical em rede.

Também contamos com Pedro Rebelo e Alain Renaud do SARC, com o artigo *Network Performance: Strategies and Applications* (Renaud & Rebelo, 2006). Onde apresentam diversas estratégias para criação musical em rede, criando assim conceitos como: *Distributed Ensembles*, *Remote Acoustics*, *Remote Soundscape*, dentre outros. Para além dos aspectos técnicos e estéticos relatados por esses pesquisadores, também contamos com estudos que indicam os paralelos entre o processo criativo e os aspectos técnicos. A exemplo da entrevista com Jason Freeman, (Freeman, 2007) em que ele descreve os aspectos técnicos, resultados estéticos e sociais de uma obra emblemática de sua autoria, *Graph Theory*, para violino solo composta em 2006, em que a participação do público influencia diretamente na partitura tocada pelo instrumentista.

Em 2010, Pedro Rebelo e Robert King discutem o uso de visualização para aumentar a compreensão do público e dos instrumentistas em uma performance musical distribuída em rede, abordando questões de antecipação de eventos sonoros futuros, seus resultados estéticos e parâmetros técnicos de seu funcionamento (Rebelo e King 2010). Em 2012 o pesquisador Felipe Hickmann discute a dramaturgia na música distribuída em rede em seu artigo Territórios de Segredo – Jogo e Narrativa na Performance de Música em Rede. (Hickmann, 2012),. Em 2014 o pesquisador Julián Jaramillo Arango publica a tese de doutorado intitulada *Network Music: criação e performance musical colaborativa no âmbito das redes de informação* (Arango, 2014), onde é discutida aspectos estéticos e técnicos da Música em Rede com diversos exemplos da literatura musical recente.

A realização de Música em Rede é uma tarefa que envolve diversos conhecimentos, tais como: técnicas de composição musical, síntese sonora, análise e processamento de sinal digital, *design* de interface, protocolos para envio de

dados, além da topologia do ambiente de rede, que é o meio onde se dá a obra. A partir da década de 90 as pesquisas apontam para um escopo de trabalhos abrangendo as inúmeras abordagens das práticas de música e arte sonora em rede, como aponta o pesquisador Felipe Hickmann.

A prática de música e artes sonoras através das redes informáticas tem sido abordada por diferentes iniciativas nos últimos anos, (...) A análise destas iniciativas têm levado para o seu desenvolvimento social (Tanzi, 2000; Schroeder & Rebelo, 2009), estético (Ascott, 2003; Kane, 2007) e aspectos técnicos (Carot, 2009; Renaud, 2009), e muitas vezes podemos ver paralelos entre os aspectos técnicos e o processo criativo de compositores e artistas. (Hickmann, 2011, p. 1, tradução nossa).

Em 2007, Carôt e sua equipe relataram que o interesse por Música em Rede diminuiu nas comunidades de pesquisa após as primeiras tentativas no início da década de 2000.

A maioria dos projetos de Música em Rede interessados em performances de alta qualidade e em tempo real tiveram lugar em torno do ano 2000, após isso as pesquisas acadêmicas ficaram escassas. Em meados de 2006, um renascimento do interesse pelo assunto surgiu não só no lado tecnológico, mas também no lado cultural, onde os pesquisadores tentam compreender as implicações culturais afim de fornecer facilidades para músicos e produtores, bem como procurar maneiras de aumentar o nível de interação entre os músicos que colaboram através de conexões de rede. (Carôt, et al, 2007)

Para reunir mais informações sobre a literatura focada na Música em Rede, os pesquisadores Gabrielli e Squartini realizaram um estudo estatístico sobre o corpus da literatura acadêmica de 1998 a 2014 (Gabrielli & Squartini, 2016). A pesquisa, não pretende ser completa, mas é profunda o suficiente para possivelmente delinear as tendências do campo da Música em Rede. Os resultados encontram-se resumidos na Figura 04. Além dos artigos científicos publicados, também foram incluídas teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de curso de graduação. As categorias escolhidas pelos autores foram as seguintes:

- **1** - Melhorias técnicas na rede, hardware, interface de áudio, e software; novas soluções e arquiteturas para redes, gestão de áudio e controle de dados.
- **2** - Trabalhos relacionados com o uso colaborativo das redes para a composição musical, performance cooperativa também envolvendo o público; orquestras de laptops; realidade multimodal performance de música remota, instalações, e coreografia em rede.
- **3** - Descobertas psicoacústicas relevantes para o campo ou diretamente dirigidas aos músicos instrumentistas de Música em Rede
- **4** - Relatos de experiências de performance, projetos e instalações.
- **5** - Obras filosóficas, estética e dialética do paradigma da Música em Rede.
- **6** - Desenvolvimento de tecnologias de Música em Rede para fins educativos; interfaces de computador; artigos sem resultados específicos ou baixo grau de novidade.

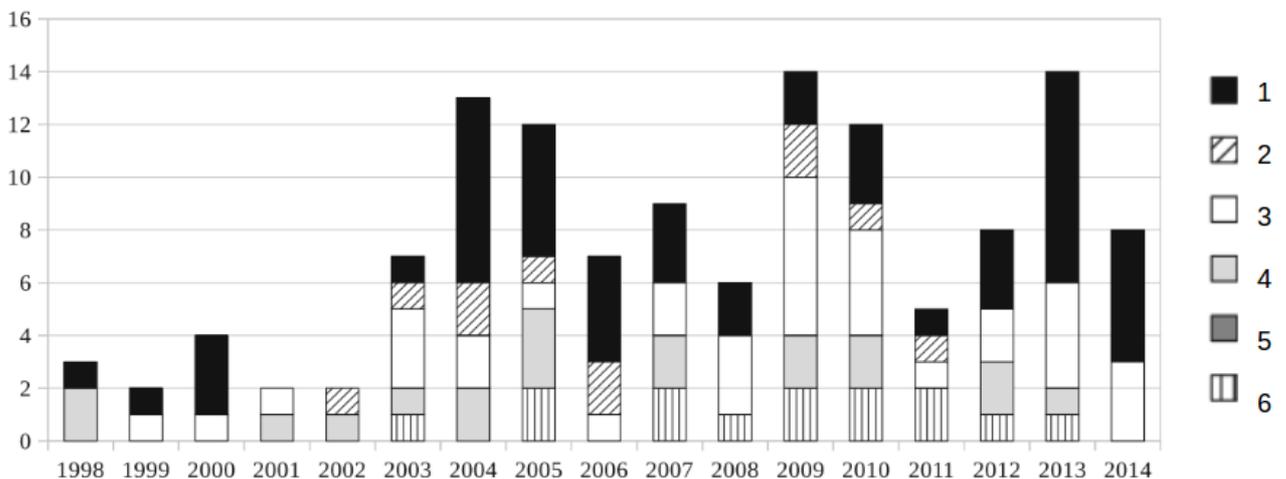


Fig. 04 - Conclusões estatísticas do levantamento da literatura acadêmica da Música em Rede, anos 1998-2014. (Gabrielli & Squartini, 2016, p. 14)

Desde o início do estudo entre os anos de 1998 a 2002 foram encontradas poucas pesquisas no campo. A partir de 2003 houve um aumento significativo, já nos anos de 2006, 2007 e 2008 assim como em 2011 houve um decréscimo de

publicações, isso pode não refletir o interesse percebido nas comunidades acadêmicas, nem uma diminuição no número de performances reais realizadas, pois muitas pesquisas não viram publicação acadêmica. Nos anos seguintes, 2008-2014 as publicações também diminuíram, e mais uma vez, não refletem os reais envolvimento da comunidade musical com a prática em rede.

As obras de natureza técnica foram numerosas nos anos de 2004-2007, 2011, com um pico em 2013. Nos últimos cinco anos podemos ver uma série de projetos envolvendo um grande esforço nas questões técnicas, com o desenvolvimento de diversos softwares para esse fim, alguns deles serão descritos na sessão 2.4.

No Brasil, um dos primeiros esforços a refletir sobre o uso da Internet na colaboração musical à distância partiu dos pesquisadores Fernando Iazzetta e Fábio Kon, atuais professores da Universidade de São Paulo (USP). No fim da década de 1990 Iazzetta e Kon estavam preocupados tanto com os desafios musicais inerentes ao meio da Internet, quanto com os desafios técnicos de computação musical, como compressão de áudio, representação de dados (MIDI), tecnologias de rede disponíveis. A partir dessas preocupações e desafios eles criaram um guia em três partes para orientação na criação de uma espécie de *Internet Music System*, baseada na existência ou não de um pulso regular, no tempo, e no estilo composicional.

- 1) Existência de um pulso regular: peças baseadas em estruturas de tempo regulares, como pulso e compassos, são muito mais sensíveis a *delays* e *jittering*. Já alguns tipos de música de improviso seriam menos afetadas por estas restrições;
- 2) Tempo: a tolerância para desvios de tempo é inversamente proporcional à rapidez com que uma obra é tocada. Assim, um atraso de 100ms pode ser irrelevante para uma peça lenta, mas muito perturbador para uma muito rápida;
- 3) Estilo composicional: em uma livre improvisação - como as que encontramos em algumas obras de George Lewis e John Cage, por exemplo - o músico constrói a partir do que recebe de dados sonoros vindos da Internet. Já na música pré-composta, músicos em ambos os lados de uma conexão, devem ouvir a mesma informação ao mesmo tempo, ou com um atraso muito curto. (Kon & Iazzetta, 1998, p.10).

Anos mais tarde, no Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio

Grande do Sul (UFRGS), os pesquisadores Evandro Miletto e Marcelo Pimenta, publicaram em 2003 o artigo “Rumo a um Ambiente para Composição Musical Coletiva Baseado na Web”. (Miletto & Pimenta, 2003). O texto relata um esforço dos pesquisadores em criar um ambiente virtual para composição musical coletiva baseado na *World Wide Web*, cujo objetivo é permitir que leigos em música possam experimentar a criação colaborativa de música. No mesmo ano de 2003, outros trabalhos que lidam com transmissão simbólica de informação musical foram publicados no Simpósio Brasileiro de Computação Musical, na cidade de Campinas, abordando problemas como instrumentos musicais distribuídos (Ramos et al., 2003), performances musicais distribuídas (Guerra et al., 2003) e processamento de música distribuída (Ueda & Kon, 2003). Em 2004 Kon e Lago estudaram a influência da percepção da latência na performance musical (Lago & Kon, 2004), sugerindo que as latências toleráveis (20-30ms) são altamente dependentes das percepções que os músicos tem em relação aos estímulos rítmico, melódico, visual e tátil.

### 1.3 DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES

As múltiplas facetas da produção musical que se adapta ao meio telemático sugere uma vocação experimental da Música em Rede, fato que tende a dificultar as tentativas de definição e classificação. Uma das primeiras definições dessa música feita à distância e em rede remonta ao início dos anos 2000, onde a *Networked Music Performance* (NMP), ou *Network Musical Performance*, caracteriza uma interação em tempo real por meio de redes de computadores, “[...], que permite a músicos em diferentes locais geográficos executarem música como se estivessem na mesma sala” (Lazzaro e Wawrzynek, 2001, p.1), podendo também ser chamada de “*Telematic Music*” (Oliveros et al., 2009). Essa definição carrega um fator limitante, pois considera a rede como um substituto para a propagação natural de som e luz no espaço entre os músicos que partilham o mesmo ambiente.

Por outro lado, os pesquisadores do grupo SoundWire do CCRMA, em Stanford, Califórnia (Cáceres e Chafe, 2010), mostraram interesse em explorar a

rede como um novo meio ambiente para a interação, considerando suas “deficiências” ou “recursos”, tais como a propagação do som e o atraso no envio de dados, fatores inerentes a esse meio. Enquanto não se destina a ser um substituto para a *performance* tradicional no palco ao vivo, a Música em Rede suporta a interação musical quando a co-presença não é possível, permitindo, assim, “(...) novas formas de expressão musical, bem como a interação entre membros do público que se encontram em locais remotos” (Sawchuk et al., 2003, p.1), evidenciando o surgimento de práticas artísticas inéditas com o som. O pesquisador Jason Freeman propõe que a música em rede é aquela em que [...] “os vínculos tradicionais entre compositor, intérpretes e ouvintes são substituídos por conexões eletrônicas” (Freeman, 2007). Uma definição mais neutra e ampla, pois não sugere limitações sobre a forma como a interação é realizada e enfatiza a prática experimental com a rede.

As taxonomias existentes se baseiam no tipo de instrumentos utilizados - computador, humanos, ou misto, e também se preocupa se a rede transmite apenas dados de controle, dados de áudio, ou ambos. Outra maneira de discriminar entre diferentes práticas de Música em Rede é em relação a distância e a posição dos artistas e seus instrumentos, sendo que a maior parte da literatura atual lida com artistas remotos, executores localizados a distâncias muito maiores do que 1 km. O nível de interação também define diferentes tipos de performance, por exemplo, os músicos podem estar bem sincronizados, como se estivessem no mesmo espaço, podem estar livremente sincronizados, ou seja, conscientes das ações uns dos outros, mas não sendo capazes de responder em sincronia estrita. Em último caso, eles podem estar desconectados auditivamente, visualmente, ou ambos. Isso ocorre quando não houver conexão auditiva, visual, metrônomo ou meios similares empregados para sincronizá-los. O pesquisador Alexander Carôt propôs em seu trabalho, (Carôt e Werner, 2007), uma abordagem para discriminar as diferentes interações musicais entre performers humanos, fundada nas diferentes limitações de latência existentes, sugerindo seis modelos de interação. *Realistic Interaction Approach* (RIA), Abordagem de Interação Realista; *Master Slave Approach* (MSA), Abordagem Mestre-Escravo; *Laid Back Approach* (LBA), Abordagem Relaxada;

*Delay Feedback Approach* (DFA), Abordagem de Retorno Atrasado; *Latency Accepting Approach* (LAA), Abordagem de Aceitação de Latência; *Fake Time Approach* (FTA), Abordagem de Tempo Falso.

Quando os músicos de uma orquestra e coro estão tocando na sala de concerto existe uma distância entre eles e entre o regente. Supondo que o regente esteja a 10 metros de distância do grupo de barítonos do coro e considerando que a velocidade do som seja de 340m/s, o som produzido por este naipe de vozes atinge o ouvido do regente aproximadamente 30ms depois (Fig. 05).



Fig. 05 - Latência natural da orquestra tocando ao vivo (Sawchuk et al., 2003)

Um máximo de 45 ms pode ser atingido entre os músicos mais distantes, daí vem a necessidade de um regente com sugestão visual, que deve estar ciente de todos os atrasos na recepção dos sons de cada naipe. Um dos seus papéis é aglutinar os músicos, oferecendo estímulos visuais e gestuais para que a música tocada por mais de oitenta músicos pareça ser tocada por um só, ou que compartilhe o mesmo pulso musical. A sincronia entre os músicos da orquestra exige adaptação do comportamento musical: um exemplo seria a quantidade de energia desprendida na interpretação de um pianíssimo ou fortíssimo em um trecho musical.

Quem determina essas nuances musicais é o regente e todos os músicos devem se adaptar ao ambiente criado por ele.

Transportando este cenário para uma performance com músicos deslocados geograficamente, precisaríamos que a transmissão de áudio de uma ponta à outra estivesse próxima dos valores obtidos no palco. Se isso for possível, temos o cenário ideal para que os músicos se sintam confortáveis durante a execução de uma peça musical. Essa abordagem é chamada de Modelo de Interação Realística (*Realistic Interaction Approach* ou RIA), e consiste basicamente em tentar minimizar a latência introduzida pela captura do som pelo computador e sua transmissão pela rede numa tentativa de se aproximar de um modelo real de performances musicais. Estudos realizados no trabalho (Schuett, 2002) indicam que a maior latência possível para que ainda seja viável a realização de performances musicais é de cerca de 25 ms, valor que foi denominado de Limiar de Performance em Conjunto (*Ensemble Performance Threshold* ou EPT), embora existam estudos mais precisos na literatura que sugerem valores ligeiramente diferentes mas comparáveis. O valor sugerido de EPT está abaixo do limiar em uma orquestra e coro como vimos na Figura 05, temos 45 ms entre os barítonos e os segundos violinos e ainda assim a orquestra consegue tocar uniformemente. Também podemos comparar ao limiar do eco sonoro que está por volta de 50 ms e uma distância mínima de 17m para que ele ocorra.

No trabalho, (Chafe e Gurevich, 2004), verifica-se que com os atrasos menores do que 11.5 ms o ritmo acelera; os valores são, no entanto, diferentes do trabalho (Farner et. al., 2009), onde os músicos e não músicos possuem diferentes limiares de aceleração, 15 ms e 23 ms respectivamente. A Imprecisão no momento de tocar também foi avaliada nestes estudos, cujos resultados indicam que a partir de atrasos de mais de 25 ms os músicos começaram a tocar com imprecisão. Também foi descoberto que as condições acústicas são relevantes para imprecisão: salas com tratamento acústico do tipo encontrado em estúdios de gravação implicaram em um maior grau de imprecisão, enquanto que em sala reverberantes as condições implicam uma precisão maior. Outro estudo (Kobayashi e Miyake, 2003) relata resultados semelhantes aos anteriores, e afirma que uma performance

musical pode ser mantida harmoniosamente com até 60 ms de atraso entre os músicos. Todas as pesquisas acima mencionadas realizaram os testes em andamentos de 90 bpm.

Aplicar a abordagem RIA nem sempre é possível já que a transmissão dos dados de áudio depende da distância, e quanto mais distantes os músicos estão uns dos outros, maior será o atraso. Para esses casos em que não é possível obter uma latência abaixo de tal limiar, o trabalho do pesquisador Alexander Carôt (Carôt e Werner, 2007) nos apresenta outros modelos de interação, em que a adaptação do músico à latência é de total importância.

Na abordagem Mestre-Escravo (MSA), um mestre fornece material musical e o escravo sincroniza com a versão atrasada que está ouvindo do mestre, estando assim o áudio em sincronia apenas no lado do escravo. Nessa abordagem, o mestre passa a executar a sua parte sem se importar com a resposta que o escravo envia, o que acaba gerando uma falta de conectividade entre os músicos. Para o mestre é como se ele estivesse tocando sozinho, sem que haja uma resposta adequada ao que estiver sendo executado, enquanto o escravo ainda tem uma parcela de ligação com as partes do mestre e pode reagir à elas, mas não pode influenciá-las. Assim torna-se impossível a realização de partes uníssonas, já que estas soariam como tal apenas para o escravo.

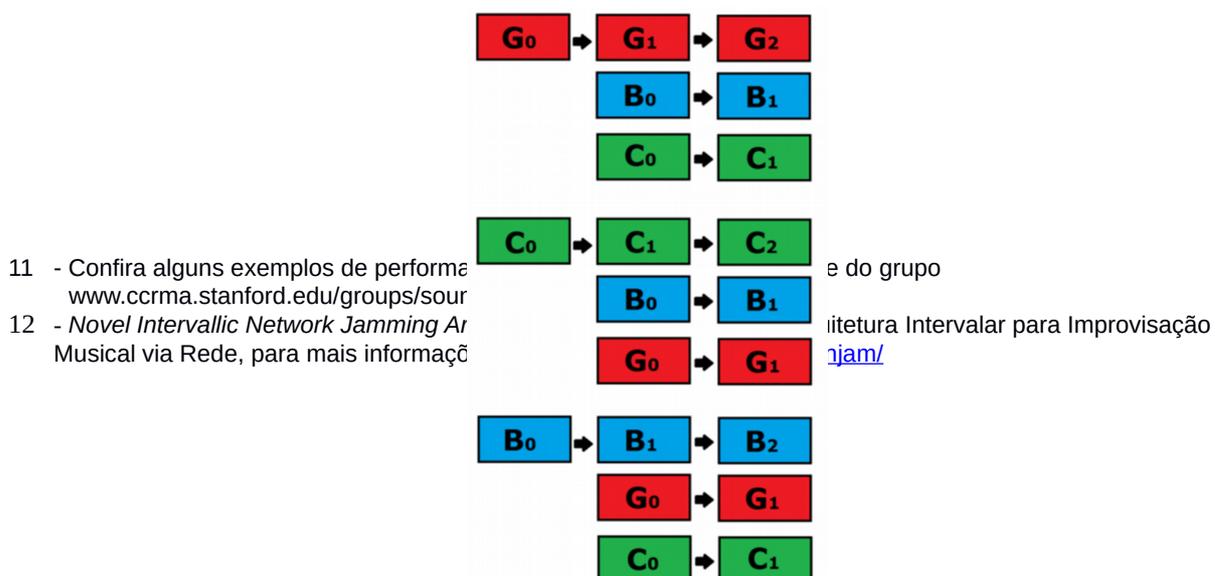
Quando a latência supera o EPT mas mantém-se próxima dos 50 ms, torna-se possível uma adaptação entre os músicos de forma que, por exemplo, o solista esteja intencionalmente tocando ligeiramente fora do pulso, semelhante ao tempo rubato na música erudita e também encontrada em gêneros de improvisação como o jazz e a música indiana. Quando isso ocorre, a estratégia é denominada Abordagem Relaxada (LBA). Na abordagem de Retorno Atrasado (DFA), ainda é prioridade minimizar a latência entre os participantes, mas faz-se com que o sinal do instrumento local seja atrasado com a finalidade de que os sons tocados ao mesmo tempo em lugares distintos sejam reproduzidos simultaneamente em ambos os computadores.

A abordagem de Aceitação de Latência (LAA) simplesmente negligencia a

sincronização, e é usada em música com poucas restrições à estrutura formal e que emprega a rede e suas características inerentes como parte da performance. O grupo SoundWire (*Sound Waves on the Internet for Real-time Echoes*) favoreceu esta abordagem com vários espetáculos de música contemporânea<sup>11</sup>.

A abordagem de Tempo Falso (FTA) é a estratégia implementada pelo software comercial NINJAM<sup>12</sup>, em que a interação de cada um dos músicos se dá com um compasso anteriormente tocado pelos músicos restantes. Os sons recebidos só serão reproduzidos no compasso seguinte, e como muitos estilos musicais (rock, R&B, samba, etc.) são baseados em padrões que se repetem periodicamente ao longo do tempo, esse tipo de abordagem funciona bem. Nas sessões no NINJAM existe um metrônomo com o tempo pré-definido que é reproduzido para todos os participantes. No trabalho (Tomiyoshi, 2013) temos uma descrição clara do funcionamento de uma sessão do NINJAM, (Fig. 06).

Em uma sessão com contrabaixo (C), bateria (B) e guitarra (G), por exemplo, poderia ter a seguinte configuração: o baterista começa tocando sozinho no compasso B<sub>0</sub>, compasso este que será composto de puro silêncio tanto para o guitarrista (trecho G<sub>0</sub>) quanto para o contrabaixista (trecho C<sub>0</sub>). No compasso 1, para o guitarrista e o contrabaixista será reproduzido o que foi gravado em B<sub>0</sub> pelo baterista, quando então eles iniciam suas participações na *jam session*, tocando suas partes indicadas por G<sub>1</sub> e C<sub>1</sub> respectivamente.



#### Fig 06- Exemplo de uma sessão do NINJAM

Já para o baterista, que toca B1, serão reproduzidos os trechos G0 e C0 gravados anteriormente (neste exemplo, silêncio). No compasso 2, cada instrumentista tocará algo novo (B2, G2 e C2) porém escutará o que os demais gravaram no compasso 1, como pode ser observado na (Fig. 06). Logo, podemos observar que cada músico ouve uma versão individual da *jam session*.

Ao refletir sobre essas abordagens de performance proposta por Alexander Carôt, podemos observar as diferentes relações de sincronicidade em diversas maneiras de se tocar música. Já que a necessidade de se “tocar junto” muitas vezes é deixada de lado, e em outros casos é primordial, alguns questionamentos se evidenciaram. Digamos que um músico está em um local a 100 metros de distância de seu parceiro. Como é o “junto”, o “fazer junto”, a hora de começar: conta-se 1, 2, 3 e já!? Para isso acontecer, devemos começar a tocar no mesmo momento? Ou eu toco quando o som do parceiro chegar no meu ouvido? Esse “tocar junto” talvez signifique que os sons produzidos ao mesmo tempo por músicos em lugares diferentes se encontrem em sincronia em algum lugar, mesmo que seja no meio do caminho e, se existir um público disposto a fruir no meio do caminho? A partir dessa hipotética situação ainda presencial – e que contaria com a transmissão sonora pelo ar, pode-se imaginar e mesmo se planejar situações bem mais complexas com o uso da rede de computadores. Observa-se que, na maior parte das propostas

estudadas, não existe essa combinação de começar a tocar juntos, o começar seria um acaso.

Por outro lado, pesquisas voltadas para a estética da Música em Rede propõe outros tipos de classificação. O pesquisador Álvaro Barbosa sugere categorias que organizam o repertório musical/sonoro que trabalha com redes. No trabalho, (Barbosa, 2003), é proposta uma análise da colaboração por meio da rede de Internet através dos critérios de espaço (localização) e tempo (interação). Este conceito de colaboração está baseado em uma linha de pesquisa da ciência da computação chamada de *Computer Suported Collaborative Work (CSCW)*.

Para Álvaro Barbosa, o critério espaço baseia-se no fato da colaboração estar co-localizada ou remota. Isto está relacionado aos aspectos espaciais da atividade musical. Na colaboração co-localizada os participantes compartilham um mesmo espaço físico, já na remota os participantes estão interconectados a distância. No critério tempo, a atividade musical colaborativa pode ser sincronizada e/ou dessincronizada. Na sincronizada, os participantes atuam simultaneamente num empreendimento comum, já na dessincronizada a simultaneidade não se torna necessária, embora o sistema deva possibilitar que, em determinados momentos, diferentes participantes estejam ativos ao mesmo tempo. Com isso, Álvaro Barbosa sugere quatro tipos de propostas para colaboração em música, como pode ser visto na (Fig. 07).

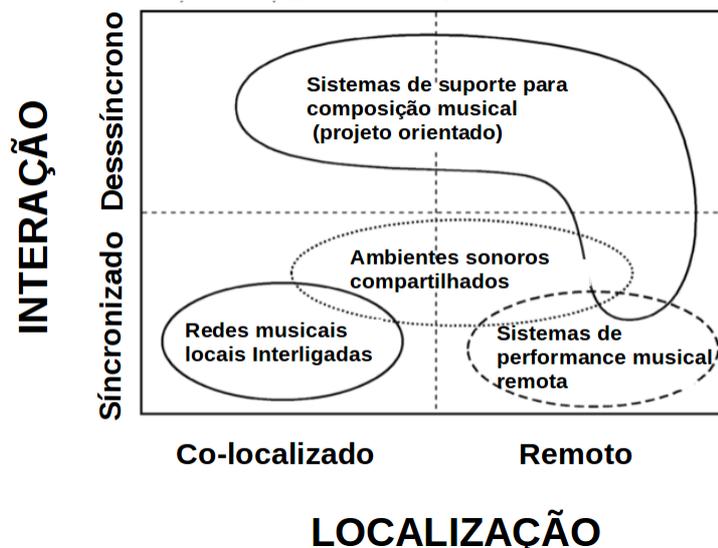


Fig. 07 – Sistema de classificação para a música feita de forma colaborativa por meio de computadores e em rede, proposto por Álvaro Barbosa

Neste diagrama pode-se comparar as diferentes categorias de um sistema de música em rede em termos da sincronicidade da performance e da localização dos usuários. Os Sistemas de Suporte para Composição Musical são usados para auxiliar as formas mais tradicionais de composição musical, tanto para composição baseada em música escrita, quanto para processos experimentais. Esses sistemas aprimoraram os paradigmas de colaboração tradicionais, permitindo colaboração assíncrona. Como exemplo podemos citar *Graph Theory*<sup>13</sup>, criado por Jason Freeman em 2006, onde a atividade dos usuários de um site determina a criação de uma partitura para violino solo. Ao entrar no site de *Graph Theory*, o usuário se depara com uma ferramenta online onde deve tomar decisões relacionadas aos motivos melódicos disponíveis. As decisões de cada usuário se acumulam estatisticamente, determinando a quantidade de vezes que este motivo já foi escolhido por outros usuários. Desta forma os visitantes do site modificam as sequências melódicas da partitura, através das escolhas realizadas. Para executar a obra, o violinista deve imprimir a versão mais atualizada da partitura no site. Esse exemplo mostra o grande potencial da rede para ampliação das noções de tempo e espaço no processo de composição de uma partitura para um instrumento solista.

Em dezembro de 2005 o pesquisador Andrew Hugill publicou um trabalho

13 -Detalhes da obra em: [www.turbulence.org/Works/graphtheory/index2.html](http://www.turbulence.org/Works/graphtheory/index2.html)

(Hugill, 2005) que nos fornece uma taxonomia, que delimita, de forma ampla, várias abordagens estabelecidas para a criação de música mediada pela Internet. São elas: 1) música que usa a rede para conectar espaços físicos ou instrumentos. 2) música criada e tocada em ambientes virtuais ou usando instrumentos virtuais. 3) música que traduz em sons os aspectos da própria rede. 4) música que usa a Internet para propor composição e performance colaborativa. 5) música que é fornecida através da Internet com diferentes graus de interatividade do usuário.

A Internet atua como ambiente para o tráfego de dados que, por sua vez, podem ser processados como som digital, usando um processo que os cientistas da computação chamam de *Data Mining* ou "mineração de dados". Trata-se de explorar grandes quantidades de dados à procura de padrões consistentes, como regras de associação ou sequências temporais, e isso serve para detectar relacionamentos sistemáticos entre variáveis, detectando assim novos subconjuntos de dados (Coradine et al., 2011). Na terceira parte exposta por Hugill, música que traduz em sons os aspectos da própria rede, o autor contempla obras musicais que lidam com algum tipo de mineração de dados de Internet, um bom exemplo desse uso na música é a obra *Packet Loss* de 2010 dos compositores Rob King e Pierre Proske, que integra dois pianos conectados através da Internet. Um deles apresenta um improvisador ao vivo, enquanto o outro, um *Yamaha Disklavier*, responde automaticamente à improvisação remota. Para cada nota tocada pelo pianista ao vivo é criado um pacote de dados à ser enviado pela internet, mas somente gestos musicais fortes do artista ao vivo são reconhecidos e provocam reações por parte do *Disklavier*, ou seja, apenas os pacotes dos dados referentes a esses gestos fortes são transmitidos e os outros são descartados, ocorrendo assim uma espécie de "mineração de dados".

Para além das abordagens descritas acima, os pesquisadores Pedro Rebelo e Alain Renaud do SARC, *Sonic Art Research Centre*, nos apresentam uma abordagem voltada para o uso da rede no contexto da *Sound Art*, ou Arte Sonora<sup>14</sup>. No trabalho, (Renaud e Rebelo, 2006) são destacados os desenvolvimentos técnicos juntamente com abordagens inovadoras para o uso das redes na

14 - *Sonic Art*, designa uma forma de arte na qual o som é utilizado em aproximação com a escultura e a criação plástica, caracterizando-se pelo intercâmbio entre música, artes plásticas e arquitetura.

performance e composição de música, tais como a acústica remota e paisagens sonoras remotas.

Acústica remota (*Remote Acoustics*) é o uso de um local remoto como câmara acústica para uma fonte de som, que permite a partilha e sobreposição de espaços acústicos. A latência combinada da rede com a reverberação de espaços acústicos remotos sugere uma situação acústica única. A combinação de vários espaços acústicos geograficamente deslocadas só é possível em uma situação em rede. O uso da acústica remota e a ideia de troca de espaços acústicos sugere a atuação da rede como uma extensão de um espaço acústico fechado. Esta abordagem pode potencialmente levar a novos tipos de condições acústicas para a performance, tais como uma fonte instrumental sendo transmitidas para vários salões com diferentes reverberações. Um exemplo dessa abordagem é a obra *Netrooms: The Long Feedback*<sup>15</sup>, uma peça participativa, que convida o público a contribuir para um ciclo de *feedbacks* criado pela linha de *delay* entre um microfone e um altofalante. O trabalho explora a sobreposição de vários espaços acústicos, pois a performance consiste em manipular ao vivo os múltiplos fluxos de áudio de diferentes locais.

A composição de Paisagens Sonoras Remotas, *Remote Soundscape Composition*, é caracterizada pela utilização de ambientes sonoros como a principal fonte de material composicional. Estes ambientes são pré-gravados e posteriormente manipulados, editados e misturados. O uso de sons remotos pretende explorar a imprevisibilidade das paisagens sonoras em tempo real. Ela envolve a implementação de vários pontos de presença, em vários locais com diversas particularidades sonoras. Estes pontos capturam ambientes sonoros em tempo real, transmitindo-os para um servidor central. Compositores, artistas e público podem acessar o servidor e navegar através dos diferentes ambientes, misturar e manipular fluxos de diferentes locais. Como exemplo, podemos citar o projeto SoundCamp<sup>16</sup>, que se trata de um coletivo de artistas com sede em Londres. Eles criam desde 2014 uma rede de microfones abertos em uma transmissão online 24 horas por dia, transmitindo fluxos de áudio ao vivo de artistas colaboradores onde

15 - Blog do projeto. [www.netrooms.wordpress.com](http://www.netrooms.wordpress.com)

16 - Plataforma online do projeto onde é possível ouvir paisagens sonoras ao vivo além de usá-las em projetos pessoais- [http://soundtent.org/soundcamp\\_about.html](http://soundtent.org/soundcamp_about.html)

contribuem para a pesquisa e desenvolvimento de soluções de código aberto para transmissão de sons ao vivo, e o estabelecimento de uma rede permanente de microfones abertos como recurso para artistas, pesquisadores, ativistas e ouvintes. Um número crescente de outras estações e NetRadio ao redor do mundo tem contribuído com o projeto, a exemplo do Cyberforest<sup>17</sup> em Tokio. Aqui fica evidente o interesse na escuta ao vivo, como uma forma de explorar e conectar localidades remotas pela rede.

As definições e classificações apresentadas por Álvaro Barbosa 2003, Andrew Hugill 2005, não são categorias fechadas, e muitas obras pertencem a mais do que uma categoria, como pode ser claramente observado na imagem da Fig. 07, onde planos se sobrepõem. Acredito que a classificação de Barbosa já esteja defasada, mas sua maior contribuição foi a classificação nas vias das dualidades síncrono/assíncrono e co-localizado/remoto, que são de fundamental importância para qualquer classificação que venha a existir nos trabalhos que envolvem música em rede. Por outro lado, falta-lhe o refinamento da abordagem da latência realizado por Carôt (2007). Já a classificação de Andrew Hugill aparenta ser mais direta e completa, justamente por englobar um maior número de possibilidades, como por exemplo: “música que traduz aspectos sonoros da própria rede”. Isto não chegou a ser mencionado por Álvaro Barbosa, embora já existissem obras com essas características em 2003. Algumas categorias se sobrepõem, como por ex: “ambientes sonoros compartilhados” e “música que usa a Internet para propor composição e performance colaborativa”, já que ambas falam de práticas complementares em que o compartilhado se torna colaborativo. Outro exemplo seria “sistemas de performance musical remota” e “música que usa a rede para conectar espaços físicos ou instrumentos”, que são categorias também complementares por trazerem a ideia do outro distante. Este outro pode ser um espaço físico, um instrumento musical, ou um computador, que no contexto de todos os trabalhos citados nesse capítulo não é tratado unicamente como um instrumento de controle, mas também como uma plataforma de interação social.

17 - Acompanhe ao vivo aos fluxos de áudio no site <http://cyberforest.nenv.k.u-tokyo.ac.jp/>

## 2 – PROCESSOS E CAMADAS NA CRIAÇÃO E PRÁTICA DE MÚSICA EM REDE

### 2.1 FUNÇÕES, TAREFAS E EXEMPLOS

As manifestações artísticas mediadas por sistemas de telecomunicação, compartilham frequentemente de criação em tempo real, interatividade e telepresença entre grupos tecnológicos e artísticos. A criação de uma linguagem verbal de comunicação entre os participantes necessita de uma transcendência de suas áreas normais de atuação, assim estabelecendo eficiência no diálogo entre o grupo artístico e o grupo tecnológico. Na arte telemática, habita-se um espaço virtual que se torna o ambiente de trabalho. Mas, qual o trabalho do artista e qual o trabalho do técnico nas tecnologias que viabilizam a arte em rede? A pesquisadora e artista multimídia Anna Barros considera que:

A arte é vista como levada ao mundo pela nossa própria condição de existir e de perceber. A condição de responder ao ambiente, de enfatizar certos elementos aí presentes para facilitar a percepção do vedor, exige uma maneira específica de se envolver com esse ambiente, antes de fazer dele o receptáculo de uma obra de arte. O que é proposto é uma investigação holística das características do local, o que irá determinar uma obra individualizada e representativa para o local onde é criada abolindo as características de um estilo pessoal. (BARROS, 1998:42.)

No artigo (Silva, 2012), é discutida as diferentes tarefas do compositor responsável pelo gerenciamento dos fluxos de áudio da obra telemática “Frágil”, no Projeto *Laboratorium Mapa D2*, apresentada no Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro em dezembro de 2012. O autor relata que “ a participação na obra ‘Frágil’ proporcionou-me uma experiência com múltiplas tarefas simultâneas tais como: compositor, performer, perceptor(fruidor) e técnico de rede” (Silva, 2012, p. 302).

O compositor responsável por parte da criação, manipulação e gerenciamento dos fluxos da atmosfera sonora da obra “Frágil”, constatou que ao habitar e se comunicar através da internet, são geradas redes de fluxos que consistem de

entidades interligadas. Pode-se considerar que a noção de trabalho em rede tem se transformado na noção de estar em rede. Isso significa presenciar o fluxo das entidades envolvidas, como sendo constituintes da própria rede. No artigo (Schroeder, et al, 2007), constata-se que a rede é um lugar, um espaço para estar, um locus de habitação. Ao aderir pensamentos dessa natureza, claramente podemos tratar uma condição de performance que enfatiza a distância geográfica, a dispersão de forças instrumentais (instrumentos tradicionais e mediação tecnológica) e a justaposição de espaços acústicos diferentes, como questões a serem abordadas enquanto compositor e pesquisador.

Dentre as funções específicas que o compositor experienciou nesse projeto, destaco as seguintes: 1) Articular a infraestrutura física com captação e espacialização de áudio, usando microfones e alto-falantes; 2) Configurar e gerenciar o servidor virtual para roteamento de áudio entre as cidades participantes; 3) gerenciar a composição e o gesto musical global, de acordo com o material sonoro enviado por cada cidade envolvida. 4) Monitorar os pacotes trocados pela rede, 5) Estar em cena, enquanto performer participante da obra. Lembrando que, além das tarefas técnicas que antecede o momento da execução da obra, também foi atribuída ao compositor a função de performer em cena, durante o acontecimento da obra. Então, de que modo um compositor e suas múltiplas tarefas pode interferir enquanto performer, mantendo o senso de presença na chamada “arte em rede”?

No trabalho colaborativo envolvido nesses projetos, algumas funções técnicas se estabeleciam à medida que as demandas artísticas iam surgindo, e, para além das expertises de cada integrante, tanto do grupo artístico quando do grupo tecnológico, a interdisciplinaridade das demandas durante o processo artístico foram inevitáveis. Por fim, o autor do trabalho (Silva, 2012), observa que estas demandas habitam uma zona de convergência entre o engenheiro e o artista, passando primeiro, por uma zona de fronteira entre o artista, músico, instrumentista, compositor, programador, técnico de rede e gerente de fluxo.

Assim como sugere as palavras de Pierre Schaeffer quando pensa puramente o rádio, descartando os elementos de difusão.

(...) aquém dessa fronteira, os artistas evidentemente desempenham seu papel, além, só os técnicos são úteis. Realmente, não ocorreria a ninguém a ideia de confiar um emissor a um artista (a não ser para fazer um músico ou, mais precisamente, um especialista com “ouvido radiofônico”, escutar a emissão em alta frequência para fins de controle). (Schaeffer, 1941, p.40)

A experiência imersiva na participando da obra “Frágil” proporcionou o contato com uma série de estratégias para construção compartilhada de arte em rede e de música distribuída, dentre as quais, tenho me interessado pelos processos musicais colaborativos, onde o resultado sonoro não se estabelece a partir da mente criativa de uma única pessoa, mas de um comportamento colaborativo que se manifesta na interação entre diversos participantes, sendo artistas ou não.

Em vista desses pensamentos, refletimos sobre os diferentes envolvimento que podemos desfrutar na chamada Cultura Digital, evidenciando novos questionamentos, pois a capacidade de se envolver em vários níveis de uma obra, como músico, compositor e técnico de rede é devido às demandas emergentes das múltiplas tarefas da arte digital. Diante dessa afirmação podemos perguntar: Quais as habilidades devemos ter para sobreviver nesse habitat da música em rede? Quais expertises se adquire com as multitarefas numa obra de arte telemática? Mas o artista digital tem que saber programar computador? Ou ser capaz de se envolver/dialogar com a programação? Ao pensar no artista da música em rede, ele é músico? Ele é técnico de rede? É um compositor que é capaz de articular essas demandas?

Retornando aos trabalhos com o Grupo de Pesquisa Poéticas Tecnológicas (GP Poética), destaco outro projeto que proporciona reflexão e investigação na produção de uma obra de Música em Rede, além de auxiliar no desenvolvimento e aprofundamento teórico, conceitual, técnico e artístico interdisciplinar estimulando a presente pesquisa de mestrado. O projeto *Climate Change Opera*. Em abril de 2014, participei de um *workshop* de música em rede entre a Universidade Federal da Bahia e o *King's College of London*. Realizamos diversos testes para averiguar as possibilidades técnicas e condições artísticas disponíveis para a produção de uma ópera telemática intercontinental, a *Climate Change Opera (CCO)*. Essa ópera

acontecerá simultaneamente entre três países, África do Sul, Brasil e Inglaterra. Em cada país, uma platéia assistirá os cantores e orquestra ao vivo. Os cantores e instrumentistas vão interagir musicalmente e dramaticamente com os artistas dos outros dois países que podem ser vistos e ouvidos por telas de projeção e sistema de espacialização sonora, assim, o público em cada nó da apresentação experimentará diferentes versões de uma mesma obra.

A Ópera está sendo produzida pela organização não governamental *Young Vic*<sup>18</sup>, em parceria com diversas equipes ao redor do globo, como: *King's Cultural Institute*, o *King's College* em Londres, o *Cinema Arts Network*, o *Sonic Arts Research Centre (SARC)* na *Queen's University* em Belfast, o grupo de teatro "Nós do Morro" situado no Morro do Vidigal no Rio de Janeiro, o coro Sul-Africano *Heavenly Voices*.

Durante o *workshop* participei tanto como técnico, configurando os softwares usados (ação técnica), quanto músico interagindo musicalmente em tempo real com os pesquisadores em Londres, (ação artística). Um dos objetivos dos testes foi averiguar as potencialidades das ferramentas disponíveis para descobrir seu desempenho para conexão entre continentes, para assim, definir qual tecnologia é mais apropriada para uma ópera em rede intercontinental. Num projeto como esse, o primeiro passo a ser dado é definir quais são as necessidades criativas do espetáculo.

O diretor artístico deve trabalhar em total parceria com os técnicos de software e de rede, uma equipe criativa de produtores, consultores, artistas e técnicos foi montada com o propósito de realizar testes de interação entre áudio e vídeo com excelente qualidade (áudio sem compressão e vídeo em HD) e latência ideal, para realizar uma Interação Realística, (RIA). O Pesquisador Dr. Alain Renaud do MINT Lab<sup>19</sup> conduziu o *workshop*. Muitas dúvidas existem no início de um projeto como esse e com os "testes de rede" os parâmetros artísticos e técnicos vão sendo definidos. No caso do vídeo, por exemplo: seria necessário alguma informação visual para ilustrar a passagem do tempo nos momentos em que cada cidade vai estar à espera da recepção de dados entre os diferentes atos da ópera? Isso

18 - Para mais informações sobre a ONG visite o site [www.youngvic.org](http://www.youngvic.org)

19 - Para mais informações sobre o laboratório, visite [www.mintlab.ch](http://www.mintlab.ch)

manteria a imaginação e o *momentum* para o público? Perguntas como estas percorrem todo o processo de pré-produção.

As principais necessidades do projeto se fundam no envio e recebimento de múltiplas câmeras em HD e múltiplos canais de áudio em alta definição. O vídeo deve oferecer uma comunicação visual capaz de proporcionar interação "através" da tela (projeção) entre artistas locais e distantes, como se fosse um portal. A sincronia entre áudio e vídeo necessita estar dentro dos padrões básicos de um EPT (*Ensemble Performance Threshold*) proporcionando a possibilidade de uma interação realística além de um "ajuste sensível" entre os nós da apresentação. Assim, as necessidades da ópera são: 1) Testar o envio de múltiplas câmeras em HD, 2) Obter excelente qualidade de áudio e vídeo, 3) Sincronização de áudio e vídeo, 4) Latência de rede desejável entre dois nós intercontinentais (EPT).

Os primeiro teste<sup>20</sup> realizado foi o de latência de rede para descobrir o atraso na transmissão de dados entre os dois nós, depois foi feita a primeira conexão de áudio e vídeo, para estabelecer a comunicação. Na tabela abaixo podemos ver as características do teste realizado.

	<b>Características</b>
<b>Vídeo:</b>	UltraGrid, câmera HD 1080p
<b>Áudio:</b>	JackTrip, 2 canais, Sample rate: 44100, Frames/period: 128
<b>Latência:</b>	Aprox. 100 - 250ms
<b>Caminho:</b>	A transferência de dados passou por 14 "hops", "nós", gerando um caminho assimétrico (um caminho mais longo do que o outro), de Salvador para Londres passou pelo México, e Califórnia, ao invés do Atlântico. Maior assimetria foi no Brasil, com 180ms apenas na América do Sul.

TAB.. 01 – características do teste de rede preliminares para a CCO

20 O teste foi feito com a ferramenta Iperf. Detalhada nos anexos dessa pesquisa.

Após a conexão feita e o valor de latência descoberto, partimos para os testes de interação, e eles se dividiram em duas partes, A) Configurar os softwares *Jacktrip* e *UltraGrid* em paralelo aos microfones e câmeras usadas, monitorando os pacotes enviados – Ação técnica. B) Realizar interação musical via áudio e imagem em tempo real – Ação artística. Não houve problemas com a configuração e conexão dos softwares, todos responderam à altura do que foram requeridos. Após realizada a conexão entre as cidades, realizamos dois testes: 1) *bater de palmas (clapping test)*<sup>21</sup>, para conferir a sincronia entre áudio e vídeo. 2) *Improvisação musical*. Após averiguar o padrão de sincronia, passamos para uma improvisação musical com piano e flauta em tonalidade de Ré menor. No teste de bater palmas (Fig. 08), um indivíduo começa a bater palma e o colega (virtual ou real) deve bater palma em seguida, a princípio, mantendo um pulso regular; após todos os indivíduos baterem palma tentando manter um pulso regular, aos poucos cada um modifica a figura rítmica tentando interagir musicalmente de forma improvisatória.



Fig. 08 – *Four way clapping test session* - Londres e Salvador– Crédito: Young Vic

21 O video do teste de palmas pode ser acessado no link:  
[www.mintlab.ch/youngvictests/docu\\_4wayclapping\\_test\\_vision\\_ukbr.mov](http://www.mintlab.ch/youngvictests/docu_4wayclapping_test_vision_ukbr.mov)



Fig. 09 – Interação musical entre Londres e Salvador– Crédito: Young Vic

Durante o teste musical (Fig. 09), conseguimos manter contato visual entre os participantes e o pulso manteve-se regular. É claro que tocamos música improvisada e depois pequenos temas, mas o resultado musical para os instrumentistas foi satisfatório, a música funcionou em ambas as pontas da conexão e conseguimos nos convencer, (pela prática) que estávamos dentro dos padrões de EPT, mesmo com a latência acima do recomendado.

Após o final dos testes, o próximo passo foi determinar a “tolerância de risco”, que serve para decidir em qual nível de falha o trabalho pode operar, para assim providenciar um *backup* criativo caso ocorram falhas durante a performance.

	<b>Tolerância a falhas</b>
<b>Vídeo</b>	Pode falhar e ainda podemos oferecer uma experiência de música com o backup criativo local
<b>Som</b>	Máximo de exigência, preferencialmente

	não podendo falhar
<b>Rede</b>	Pode possuir uma gama de falhas aceitáveis e outras inaceitáveis, que serão determinadas dentro de ensaios técnicos e criativos.

TAB. 02 – Tolerância de risco

Sendo assim, concluímos com as conquistas adquiridas nos testes de rede para a CCO. A troca de áudio e vídeo de qualidade foi excelente e em sincronia. A latência entre dois nós era quase imperceptível, apesar de estar entre 100 e 200ms. Ritmo, música improvisada e interação física em toda a rede foi percebida sem cortes e emendas. A ferramenta Jacktrip (áudio) e UltraGrid (vídeo) puderam ser combinadas com sucesso em dois locais para gerenciar áudio e vídeo, com a menor latência possível, mantendo a sincronização A/V.

Como resultado do workshop preliminar para produzir a CCO, o pesquisador Alain Renaud e o produtor Ben Cooper-Melchiors escreveram o documento intitulado “*10 Golden Rules of Networked Performance*” (Renaud & Melchiors, 2014), relatório interno não publicado. O documento apresenta conclusões adquiridas por meio da prática de testes de rede realizados entre Brasil e Inglaterra, descritos anteriormente.

#### # 1: Esteja cercado por pessoas afins

Uma performance em rede é complexa e muitas vezes incompreendida por pessoas que não têm qualquer experiência na área. Você precisa estar cercado por pessoas afins, que vão entender seus objetivos do mais elementar ao mais complexo. Estas pessoas precisam se envolver no projeto desde o início, para que uma relação criativa possa se desenvolver.

#### # 2: Mantenha a simplicidade (Keep it Simple, KISS)

Comece com uma comunicação de áudio básica, via software JackTrip por exemplo. Adicione camadas à medida que avança na estabilidade da rede. É análogo à

construção de uma simples melodia e aos poucos incluindo camadas sobrepostas. Pense na construção de uma performance de música em rede como um sistema de controle de versão no desenvolvimento de software: você precisa ser capaz de voltar às versões anteriores. Certifique-se de documentar o processo o mais rigorosamente possível.

#### # 3: Se não funcionar...

Você deve tentar novamente. Muitas performances em rede são bem sucedidas por causa de um processo de tentativa e erro anterior, por isso também, a importância da documentação completa das configurações que deram errado.

#### # 4: Não se esqueça de multiplicações técnicas

Tudo que você faz no local em que está, tem que ser replicado para todos os outros locais remotos participantes. Você precisa da mesma experiência em cada local. As configurações de software e de hardware devem ser as mesmas. Softwares executados na mesma versão e, idealmente, correndo na mesma plataforma.

#### # 5: Depois de escolher as configurações, tente não mudá-las

Você precisa considerar duas abordagens e escolher uma:

- 1: A performance em rede é feita de vários nós. Uma vez conectado você sente como se estivesse na mesma sala, cria-se "um grande espaço"
- 2: A performance em rede é uma interação colaborativa, mas cada local mantém sua identidade e percepção, de forma que a percepção de cada artista e público será diferente. Cada nó sente que seu próprio espaço interage com os demais.

#### # 6: Tenha um plano B

Elaborar uma estratégia para lidar com falhas no fluxo de informação artística ou até mesmo se um nó inteiro parar de enviar fluxo. Fazer uma avaliação de risco antecipadamente, deixando um plano B engatilhado.

#### # 7: Considere as diferenças culturais

Uma performance em rede conecta instantaneamente diferentes culturas, personalidades, fusos horários e outros aspectos inerentes a cada localidade, podendo haver diferenças entre participantes e coordenadores, que pode levar à má comunicação e frustrações. Estes incluem a estética, linguagem e perspectivas sobre a coordenação, estilos de vida e horários, além da capacidade de solucionar problemas. A melhor maneira de evitar frustrações entre as diferenças culturais é nomear um coordenador/diretor em cada lugar, que tenha a missão artística e saiba das habilidades de toda sua equipe.

#### #8: Fuso horário

Estar em diferentes fusos horários é comum quando dois ou mais nós estão conectados. Certifique-se de que estejam devidamente coordenados.

#### # 9: Coreografia de eventos

Certifique-se que cada parte da performance está sendo coordenada por líderes em suas áreas, a parte artística, a parte tecnológica, direção musical, etc.

#### # 10: Largura de banda

Antes de tomar quaisquer decisões técnicas e/ou artísticas, você precisa garantir que existe largura de banda disponível para atingir seus objetivos. Se a largura de banda não é suficiente e/ou não é a mesma em todos os nós, vão haver desequilíbrios em termos de experiência, configuração técnica, etc.

Para iniciar adequadamente o planejamento de uma performance em rede satisfatória, você precisa de pelo menos uma conexão de 1 GB/s em cada local que você conectar. A Internet acadêmica dispõe dessa largura de banda em quase todas as partes do mundo.

## **2.2 UMA PEQUENA SELEÇÃO DE OBRAS**

Nesta seção serão discutidos exemplos de obras artísticas que tiram proveito das redes para promover interação musical: para tal, escolhemos obras que são capazes de elucidar os processos demandados pela realização de performance

musical em rede, obras que procuram englobar a multiplicidade das tarefas existentes.

### **2.2.1 NETROOMS: The Long Feedback (2008), de Pedro Rebelo**

*Netrooms* é uma obra participativa e em rede onde cada participante contribui com um ciclo de retroalimentação sonora. O trabalho explora a sobreposição de vários espaços acústicos onde o ambiente pessoal dos participantes serve de material sonoro durante a performance. A obra, basicamente consiste na manipulação ao vivo de múltiplos fluxos de áudio em tempo real de diferentes locais, onde cada participante é convidado a receber uma fonte de som comum, criar sons ou simplesmente ouvir, mas todos devem contribuir enviando um fluxo de retroalimentação. "(...) *Netrooms* celebra o meio ambiente acústico privado, tal como definido pelo espaço entre uma entrada de áudio (microfone), e saída de áudio (caixas acústicas)." (Rebelo & King, 2010, p.1). Pedro Rebelo explora a rede como um espaço em si, em associação aos sons e vibrações que se propagam no espaço físico. Apesar da rede se comportar como um lugar virtual dinâmico e imprevisível, uma das possibilidades que um designer de um sistema em rede para performance musical pode atuar, é como gerente de fluxo, determinando a distribuição por diferentes caixas acústicas dos fluxos de áudio remotos, e a performance em *Netrooms*, é basicamente essa, onde o resultado global é um conjunto de espaços e paisagens sonoras que se alimentam constantemente um do outro e um para o outro, em virtude de se formarem e estarem em rede.

A obra *Netrooms* baseia-se na ideia de Max Neuhaus, com o trabalho *Public Supply* de 1966, onde há uma "terceirização" dos inputs sonoros musicais aos participantes, criando ambiguidade entre participante e performer, colaborador e espectador. Cada participante tem tanto um papel passivo quanto ativo, dependendo da constante reconfiguração dos fluxos de áudio em rede.

As primeiras performances incluíram contribuintes em diversos locais do mundo, uma chamada foi aberta para qualquer indivíduo que queria participar, por vezes interagindo uns com os outros através da criação de sons simples, que, em

rede se transformam em ritmos diversos. O espaço de atuação, onde se dá a performance geral, é onde o executante (Pedro Rebelo) faz a mixagem dos fluxos de áudio e onde o público aprecia a obra, sendo necessárias de 4 a 8 caixas acústicas.

Um elemento importante incorporado na obra *Netrooms* foi a visualização gráfica dos fluxos de áudio, que os autores chamam de “antecipação” (Rebelo & King, 2010). Em virtude da latência da rede relativamente longa inerente ao estilo de topologia de rede usado, o papel de antecipação torna-se crucial para a maneira dos participantes se envolverem com a temporalidade da peça. Já que cada participante ouve a peça a partir de uma perspectiva diferente, com base na natureza da sua contribuição e a topologia da rede, “(...) a expectativa torna-se um fator chave na manutenção de uma condição performativa” (Rebelo & King, 2010, p.32). A visualização de cada participante é colocada nas pontas de uma estrela representando cada local remoto, e o centro da estrela representando o local da performance principal. Os dados de amplitude são visualizados como um fluxo de pinceladas, com pinceladas maiores correspondendo a amplitudes mais altas. A cada um destes locais é dada uma representação visual distinta e sincronizada, de modo que a amplitude de dados visualizados atinja o centro da visualização ao mesmo tempo que a saída de áudio no local da performance principal.

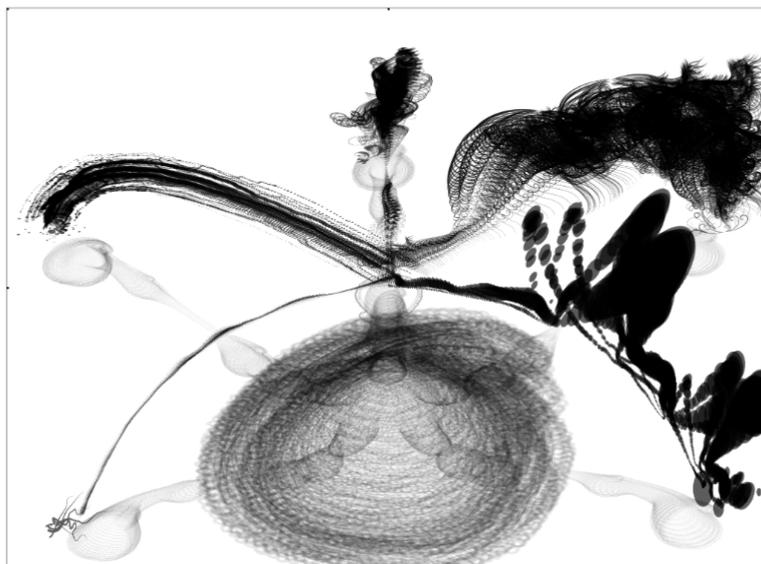


Fig. 11 – Visualização gráfica da Obra *Netrooms*

É importante não só para o público, mas também para cada participante ter uma noção de como cada ambiente sonoro se relaciona com os demais. Como os participantes e o público não ouvem todos os fluxos sonoros devido às intervenções inerentes ao processo de mixagem, “ A visualização fornece uma oportunidade para mostrar não só o que se ouve, mas também o que é inédito, contribuindo assim para os participantes tomarem decisões performativas”. (Rebelo & King, 2010, p.32).

A comunicação entre os diversos fluxos foi organizada por meio do servidor de áudio online *Icecast*<sup>22</sup> e se organiza como mostra o diagrama (Fig. 12) .

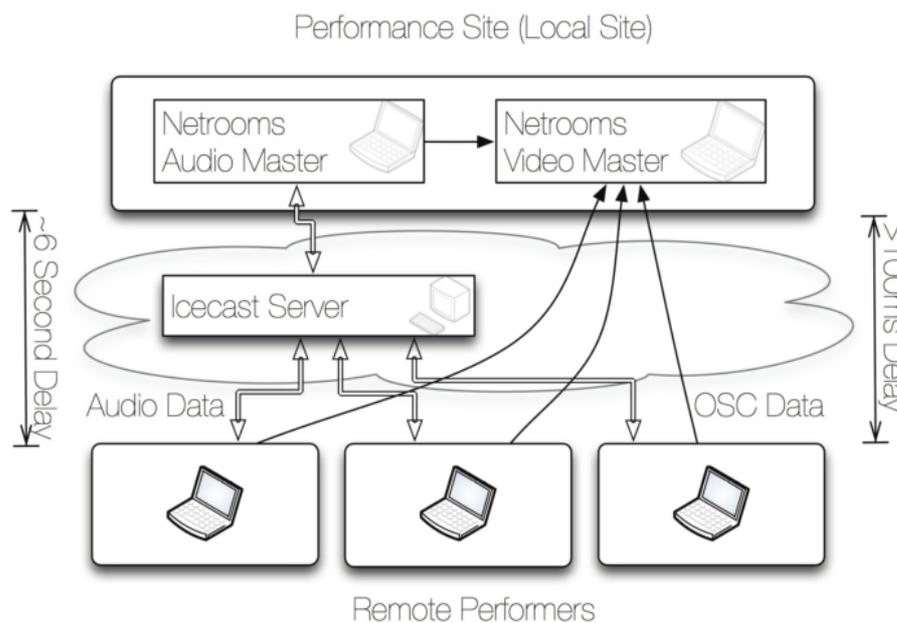


Fig. 12 – Diagrama do fluxo de áudio e dados (Rebelo & King 2010)

O áudio de cada participante (*Remote Performers*) é enviado para o servidor *Icecast*, que por sua vez envia para Pedro Rebelo que gerencia o (*Audio Master*), onde se dá a mixagem final. Ao mesmo tempo os participantes recebem o áudio mixado por Pedro Rebelo pelo mesmo servidor *Icecast* (até 12 segundos ida e volta). Tudo isso ocorre em combinação a um *patch* escrito em *Pure Data*<sup>23</sup> e fornecido aos participantes. Uma camada de metadados da amplitude de áudio é

22 - *Icecast* é um servidor de áudio online, seu uso e funcionamento está detalhado na sessão 2.4.1

23 - *Pure Data* é um ambiente de programação muito usado em programação multimídia. Seu detalhamento será descrito na sessão 2.4.1

enviada ao (*Video Master*) em até 1 segundo, eles servem para criar a representação visual (Fig. 11) do som gerado pela linha de retroalimentação de cada participante, o protocolo usado é o *Open Sound Control* (OSC), (Wright, 2005). Este tipo de distribuição de eventos em rede significa que todos os participantes vão intervir e ouvir diferentes realidades temporais.

*Netrooms* foi projetado para aproveitar a latência inerente da rede. O atraso típico entre o gesto musical e articulação em um local remoto é de aproximadamente 6 segundos. A visualização de *Netrooms* aproveita este atraso prolongado através do envio de um fluxo de dados secundário de cada local diretamente para o site da performance principal, contendo metadados de amplitude de áudio. Devido à natureza compacta dos dados e a conexão direta com o site da performance (ou seja, o fluxo não precisa passar por um servidor externo), os metadados de áudio chegam bem antes do áudio real correspondente. A diferença temporal entre o fluxo de dados e metadados do fluxo de áudio permite a visualização do áudio proveniente de cada local antes que ele seja realmente ouvido.

Como um evento de som produzido em um local leva 6 segundos para 'chegar' ao local da performance/mixagem, não existe apenas a necessidade de antecipação do ponto de vista do executante, quem faz a mixagem dos fluxos de áudio, mas do público presente no local da performance e de todos os participantes, garantindo assim uma unidade visual integrada entre executante, participantes e público.

A mixagem é um gesto global onde Pedro Rebelo gerencia os volumes de cada linha de retroalimentação, como pode ser visto na (Fig. 13). Ele aumenta e diminui os *faders* de volume da forma que julgar necessário, no exemplo são usados 8 canais distribuídos em 8 caixas acústicas.

Em 2009 o percussionista Jonathan Shapiro encomendou uma versão da obra para percussão, onde o percussionista iria criar o som que viajaria por todos os espaços acústicos e retornaria para o local da performance. A apresentação ocorreu no domingo, 04 de abril, de 2009 em *Stony Brook University*, em *Stony Brook*, Nova Iorque.

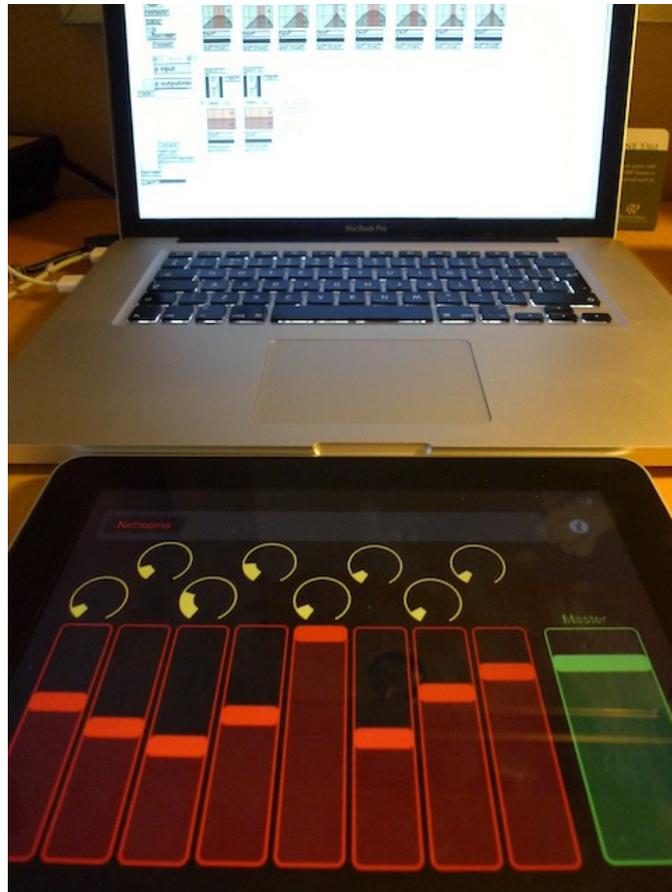


Fig. 13 – ambiente de mixagem em 8 canais da obra *Netrooms*

Os participantes confirmados foram: Jerome Joy (Aix-en-Provence, França), Pedro Lopez (Madrid, Espanha), Pauline Oliveros (Nova York, EUA), Rui Chaves (Belfast, Irlanda do Norte), Dan Wilcox (Linz, Áustria), Björn Eriksson e Nathalie Fougeras (Suécia), Carlos Guedes (Porto, Portugal), Max Stein (Montreal, Canadá). *Netrooms* para percussão explora o som de um percussionista local que viaja através de vários ambientes acústicos criados pelos participantes, com um microfone para captura de um espaço e alto-falantes nas proximidades para transmitir o som da percussão. Nas palavras do autor “(...) não é necessário que os participantes produzam som, mas sons incidentais do ambiente são bem-vindos”. (Rebelo, 2009).<sup>24</sup>.

24 - um vídeo de documentação pode ser visto no link: <https://vimeo.com/11903702>



Fig. 14 - Pauline Oliveros - Troy



Fig. 15 - Jerome Joy – Aix-en-Provence



Fig. 16 - Dan Wilcox – Linz

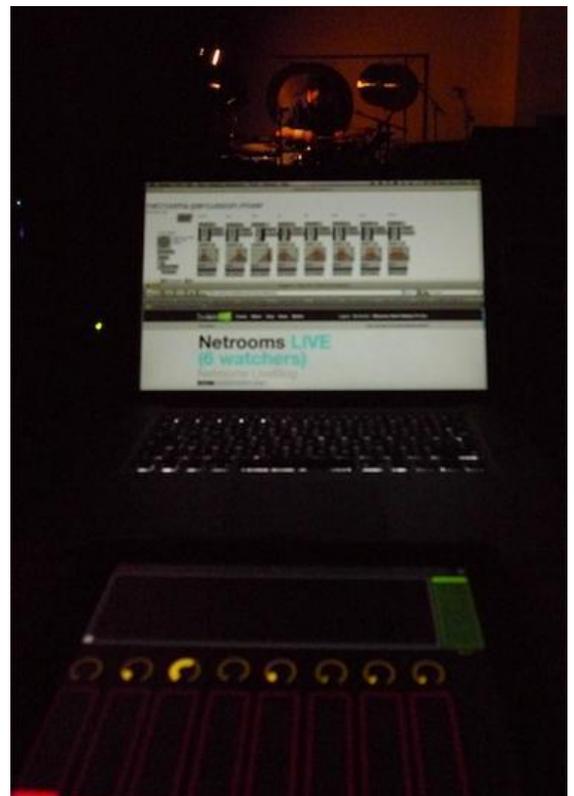


Fig. 17- Pedro Rebelo e Percussionista - NY

Nas imagens acima encontramos os ambientes acústicos criados pelos participantes em diferentes locais para que o som da percussão soe e retorne ao palco alguns segundos depois, Pedro Rebelo, estando em Nova York, faz a mixagem dos sons que chegam no palco. *Netrooms* contribui para a ideia de Dramaturgia Distribuída, (Rebelo 2009), onde cada participante mantém uma determinada autoria dos acontecimentos, contribuindo simultaneamente com conteúdos e conhecimentos específicos para a produção compartilhada. Segundo o autor, “ (...) não há nenhuma expectativa ou desejo de controlar o conteúdo fornecido por cada participante. Na verdade, não podem ser pré-determinados nem o número de participantes nem o tipo de participação” (Rebelo, 2009, p.391).

As múltiplas tarefas são atribuídas ao compositor, Pedro Rebelo, quem criou uma ideia com recursos suficientes para mediar o engajamento dos participantes. A responsabilidade pelo som final é de todos os participantes mas as tarefas de Pedro Rebelo exemplificam o processo de criar e fazer música em rede e na rede, tarefas essas que vão desde, conceber a ideia da obra, determinar suas regras, criar a topologia de rede (com um patch em PD configurado com um servidor Icecast), agenciar os participantes, gerenciar o gesto final da performance com a mixagem dos fluxos de áudio.

A obra *Netrooms* poderia ser classificada como uma obra de *Networked Music*, pois as presenças sonoras de cada local formam e estão em/na rede. *Telematic Music* pois usa tecnologia de computação em rede e telecomunicações com a interligação de redes. No sistema proposto pelo pesquisador Álvaro Barbosa, poderia ser classificada como “ambientes sonoros compartilhados”, na proposta do pesquisador Andrew Hugill a obra poderia se encaixar em duas categorias 1) “música que usa a rede para conectar espaços físicos ou instrumentos” e 3) “música que traduz em sons os aspectos da própria rede”. A estratégia composicional da obra também poderia se encaixar na proposta de Paisagens Sonoras Remotas, *Remote Soundscape Composition* (Rebelo e Renaud, 2006). Nas abordagens propostas pelo pesquisador Alexander Carôt a obra se enquadraria na abordagem de Aceitação de Latência (LAA) pois o latência geral é fixa, de 12 segundos ida e volta.

## 2.2.2 *SUMMER SNAIL* (2010-2012) de Felipe Hickmann

*Summer Snail* é uma obra para dois grupos musicais remotos e um árbitro. Esses dois grupos de improvisadores se envolvem em uma competição para chegar ao topo de uma montanha fictícia, localizada no final da partitura. O público assiste a progressão de ambos os grupos por meio de marcadores coloridos que se movem sobre a projeção do roteiro musical. Em uma dramaturgia inspirada pelo design de jogos de tabuleiro, cada conjunto tenta influenciar a performance de seus concorrentes remotos, tocando materiais musicais específicos que podem empurrá-los através de caminhos mais longos em direção ao topo da montanha. Os grupos devem, portanto, encontrar formas de coordenação interna, a fim de minar o avanço de seus adversários e ao mesmo tempo observar as instruções musicais contidas nos seus próprios destinos pela partitura/tabuleiro/roteiro. Penalidades podem ser aplicadas por um árbitro em caso dos músicos não cumprirem as determinações.

Esta obra foi originalmente composta para uma performance em rede envolvendo o SARC em Belfast, Irlanda do Norte e a Universidade Federal de Juiz de Fora, no Brasil. Ela tenta mediar e apoiar a improvisação musical em ambientes distribuídos, fornecendo regras para os grupos musicais. A peça comporta duas origens conceituais contrastantes. Em uma posição central tem a tradição literária japonesa do haiku. Seis destes poemas curtos, recolhidos de coleções de haiku japonês dos séculos XVII e XIX, estão distribuídos ao longo da partitura. Os músicos são instruídos para visualizar o cenário descrito no texto e reagir a ele de uma forma intuitiva e sem limitação de tempo. Os poemas desempenham um papel estrutural crucial na obra, servindo como fonte de materiais musicais para estimular a improvisação e fornecendo cenários imaginários para os seus processos criativos pessoais. Todas as instruções adicionais da obra consistem em transformações musicais, e, portanto, invocam a existência de jogo em curso. O uso de tais procedimentos, marcadamente direcionais, representam a outra dimensão conceitual da peça, que está enraizada na tradição clássica europeia de desenvolvimento temático.

Em contraste com o haiku, que é entendido como pausa contemplativa em

momentos estratégicos, as instruções – tais como: vibrato, apenas trilos, ritmos obstinatos, tempo dobrado, etc, tem a intenção de fornecer variação para a obra e levar a performance pra frente. Os haikus correspondem ao êxtase, contemplação e repetição, enquanto as instruções que os cercam trazem diferença e movimento. (Hickmann, 2013) O equilíbrio entre estes dois pólos de atração constitui o impulso formal da obra. Embora os poemas haiku forneçam espaço para a introdução de novos materiais musicais, desprovidos de qualquer responsabilidade em construir relações causais com o jogo anterior, a escolha e distribuição destes poemas ao longo da peça também implica direcionalidade. No primeiro haiku que aparece na partitura, escrito pelo poeta japonês Kobayashi Issa, lê-se: *O summer snail, you climb but slowly, slowly to the top of Fuji* (Caramujo de verão, escale a montanha, mas aos poucos, lentamente para o topo da Fuji). Neste caso, resultou de uma narrativa uma estrutura subjacente. O caramujo de verão é imediatamente estabelecido como o personagem principal, com uma tarefa para realizar: escalar a montanha mais alta do Japão. Esta tarefa é simbolizada no *layout* da partitura (Fig. 18 e 19), onde os grupos musicais devem progredir de baixo para cima, ou seja ler as instruções musicais de baixo pra cima. Os poemas posteriores descrevem cenários que o caramujo poderia enfrentar durante a sua viagem. Segundo o compositor Felipe Hickmann,

Os haiku não pertencem a uma única coleção ou mesmo um único autor, mas foram escolhidos para representar cenas que eram congruentes com o personagem principal e a história por trás dele. O destino do caracol, no entanto, é indeterminado, já que no último haiku o seu curso é interrompido por uma gota de chuva. A performance chega ao fim um quadrado a frente, e o destino final de seu protagonista é desconhecido. (Hickmann, 2013, p. 16, tradução nossa).

A relação entre os dois grupos de improvisadores também desempenha um papel na determinação da forma, ou do acordo formal de *Summer Snail*. Na partitura do grupo A (Site A), temos a principal fonte de materiais originais (derivado do haiku), enquanto o grupo B (Site B) possui um papel mais objetivo, transformando materiais e buscando interações em rede com os seus homólogos remotos. Como pode ser visto no vídeo de documentação da obra<sup>25</sup>.

25 - Link para assistir o vídeo de documentação da peça. <https://vimeo.com/52379771>

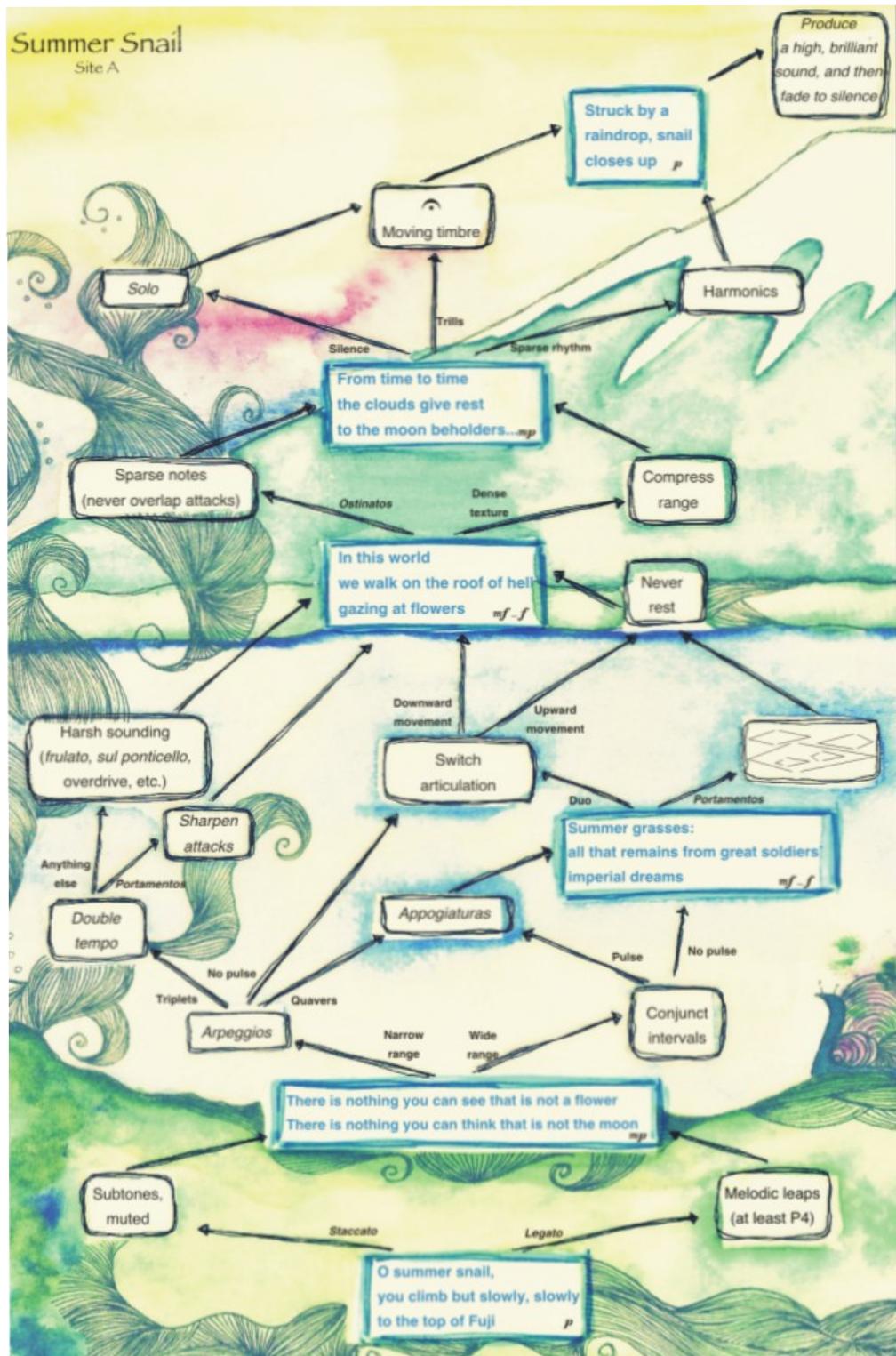


Fig. 18 - Partitura do grupo A – Summer Snail

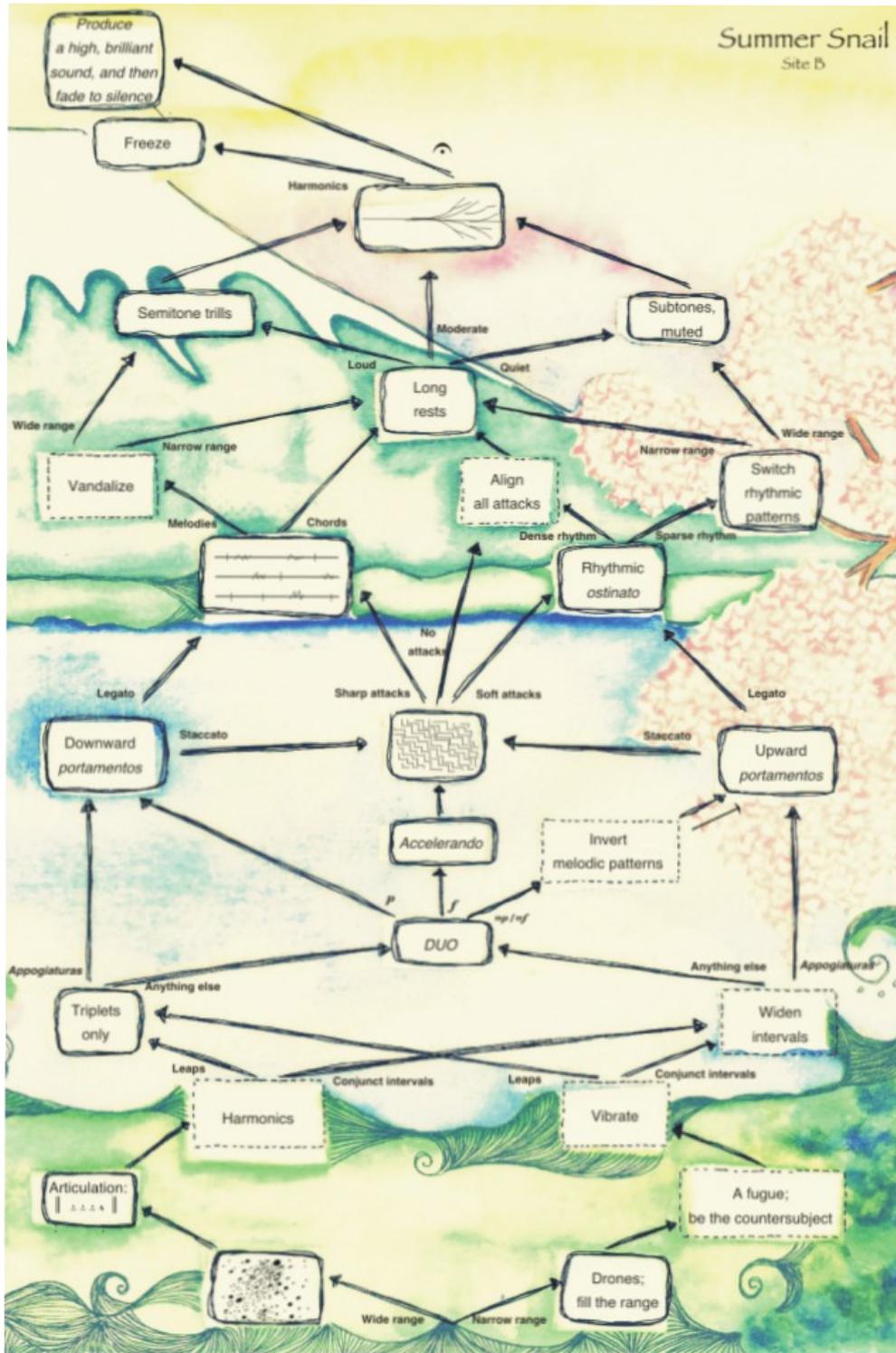


Fig. 19 - Partitura do grupo B – Summer Snail

O processo criativo das partituras dessa obra se utilizam do conceito de *live-score*, que são partituras interativas transmitidas ao vivo entre todos os participantes, na maioria das vezes, via protocolo OSC, (Wright, 2005). Jullian descreve o conceito de notação musical via *live-scores*

Os *live-score* constituem uma estratégia para lidar com a simultaneidade de eventos à distância e a sincronização dos intérpretes. Este ambientes gráficos criam uma instancia de comunicação em tempo real onde, além dos integrantes, o compositor e público são acolhidos. Como forma de notação musical, os *live-score* se afastam da simbologia tradicionalmente utilizada para construir as partituras, embora eles guardam uma estreita relação com a música. Através do *live-score* são indicados instruções sobre aspectos sociais e colaborativos da música. Neste sentido, eles constituem um documento chave para elucidar as relações entre os intérpretes, e o compositor/regente numa peça de Network Music. (Arango, 2014, p.153)

Os *live-score* e a própria composição em si foram construídos para funcionar como jogos de tabuleiro, segundo o autor, este tipo de composição sugere que a utilização de sistemas horizontais, tais como os jogos podem ter um poderoso efeito sobre os níveis perceptivos de presença, à medida que eles são capazes de mediar a ação entre vários participantes como o grupo A o grupo B e o árbitro, com troca de dados constante, como mostra a topologia de rede (Fig. 20), criada pelo autor para troca de dados de controle da *live-score*, via protocolo OSC (Wright, 2005), áudio e vídeo.

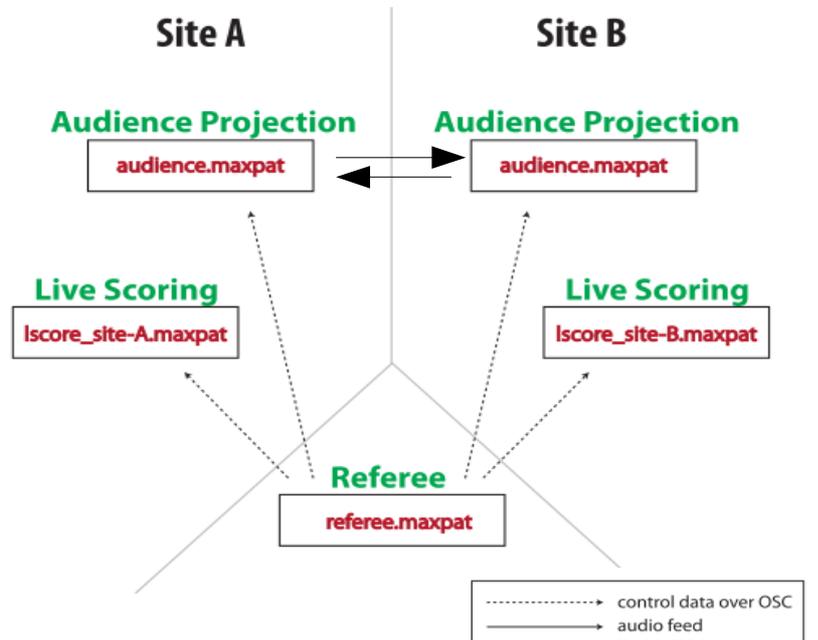


Fig. 20 - Topologia da rede na obra Summer Snail

Como aponta o manual de instruções na partitura da obra, o árbitro é encarregado de ouvir os dois conjuntos e avaliar quais caminhos devem ser seguidos por cada um deles, levando em consideração os caminhos disponíveis na partitura e os materiais musicais que estão sendo executados, como explica o autor:

Os grupos se movem alternadamente e nunca param de tocar até que um deles chegue ao fim da partitura. Seu movimento ou gesto musical, desencadeado pelo árbitro, é sempre indicado na partitura ao vivo, (*live-score*): um círculo vermelho se movimenta até o próximo quadrado (sessão de material musical) e pisca por alguns segundos; sempre que parar de piscar os instrumentistas devem adaptar sua música com as instruções dadas naquela região que estão parados. (Hickmann, 2013, p.22)

A avaliação do árbitro usando a *live-score* criada para sua atuação (Fig. 21) funciona da seguinte forma: Se o som que o grupo B entrar em processo de avaliação, a luz amarela ("ouvir") acende na *live-score*; então o árbitro deve avaliar o a música tocada pelo grupo A em relação às condições possíveis na partitura do grupo B. Sempre que o sinal ficar verde, no *live-score*, o árbitro deve clicar no quadrado, cujo segundo seu julgamento, melhor se adapta à performance que acaba de ouvir. O próximo a ser avaliado é o grupo A; a *live-score* do árbitro recebe a luz

amarela; ele deve ouvir o que o conjunto B está tocando e quando o sinal fica verde, ele aciona o quadrado da próxima ação que julgar apropriada na partitura do conjunto A. Assim o árbitro, juiz da *game piece* também é de fundamental importância no gesto sonoro global da obra, apoiando a condição de autoria distribuída.

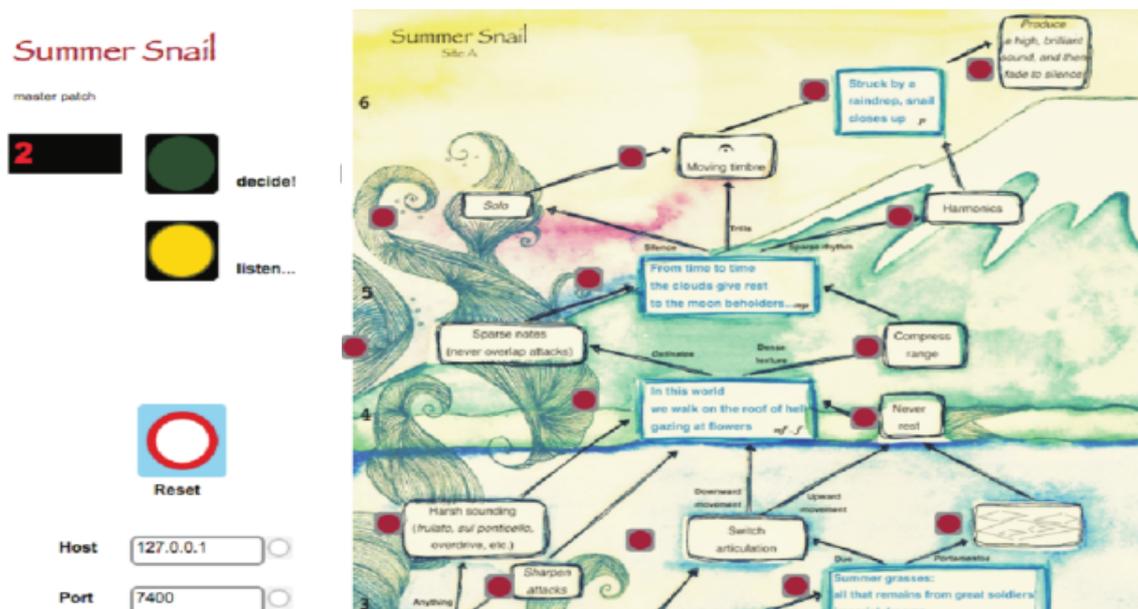


Fig. - 21 - Exemplo da *live-score* do árbitro

A obra *Summer Snail* possui uma forma aparentemente aberta, mas possui muitas regras, que devem ser apreendidas pelos músicos instrumentistas que forem tocá-la. O ensaio dessa obra requer muita atenção com e cumplicidade.

Ao longo da partitura, existem diferentes percursos. Pode-se pensar no pequeno caracol em sua inatingível perseguição, ainda decidido chegar ao ponto mais alto do Japão. Um exercício admirável de paciência e tenacidade, não esqueçam o raciocínio, nem ignorem as causas e consequências, seria como apenas observar a vida em seu curso. Cada novo haiku é uma oportunidade de parar e experienciar o todo. (Hickmann, 2013, p.20, tradução nossa)

No sistema proposto pelo pesquisador Álvaro Barbosa, a obra *Summer Snail* poderia ser classificada como “sistemas de performance musical remota”, pois os

eventos estão sincronizados pela *live-score* e os grupos estão deslocados. Na proposta do pesquisador Andrew Hugill a obra poderia se encaixar na categoria “música que usa a rede para conectar espaços físicos ou instrumentos” ou mais simples ainda como *Distributed Ensemble*, (Rebelo e Renaud, 2006). Podemos considerar que essa obra obedece a *Realistic Interaction Approach* (RIA), Abordagem de Interação Realista.

As múltiplas tarefas são atribuídas ao compositor Felipe Hickmann, que, como o compositor Pedro Rebelo, investe numa ideia composicional com recursos suficientes para mediar o engajamento dos participantes. Desde a decisão da dramaturgia usando textos de haiku até o ato de ser juiz/árbitro (*referee*), decidindo quais grupos deslocados estão tocando as referências musicais de forma “correta” para chegar ao topo da montanha. O design de interface do *live-score* foi desenvolvido em ambiente proprietário MaxMSP<sup>26</sup>

### 3 – AMBIENTAÇÃO TECNOLÓGICA

*Em frente ao computador, a todo momento, somos convidados a nos reinventarmos nesse mundo interativo e conectado, e isso vai muito além das telas dos computadores, criamos novas formas de pensamento e novos tipos de comportamentos. Desde que há sociedade humana, existe rede social e trocas de informação, o que muda é a mídia, como papel, voz, tato, sinal de fumaça, tambores africanos, Internet, etc. (Franco, 2011)*

A Arte Telemática, em geral, habita por sua própria natureza campos interdisciplinares, cada trabalho individual precisa ter a informação técnica apropriada para sua realização. A produção e execução de Música em Rede é uma tarefa que envolve diversos conhecimentos, tais como: técnicas de composição musical, síntese sonora, análise e processamento de sinal digital, design de interface, protocolos para envio de dados, além da topologia do ambiente de rede, que é o meio onde se dá a obra.

26 - Detalhes em <http://www.instructables.com/id/Intro-to-MaxMSP/>

Músicos que desejem se envolver em processos como esses provavelmente vão precisar do conhecimento sobre o equipamento correto, bem como familiaridade suficiente com os softwares usados, pois podem precisar de atuar na solução de problemas, quando necessário, além de estarem sempre abertos para o trabalho colaborativo. Os interesses dos músicos pelo estudo da música em rede podem apresentar diferentes facetas, bastando para ilustrar essa situação as demandas de educadores musicais e de artistas telemáticos e seus diferentes interesses de caráter colaborativo, capaz de envolver diferentes perfis de músicos, assim, seria possível pensar em uma abordagem prática da música em rede bastante ampla,

A partir da experiência adquirida nos trabalhos anteriormente citados, e também da análise de algumas produções da música em rede, foi-se delineando uma abordagem das demandas tecnológicas baseada em camadas, processos e funções, que pode ser útil na criação, análise e ensino<sup>27</sup> de diferentes iniciativas neste campo. Um resumo dessas questões relativas ao áudio pode ser visto na (TAB. 03), na qual as sugestões computacionais advém preferencialmente de softwares livres.

Na prática da música em redes diferentes tarefas, processos, camadas e habilidades são envolvidas, assim, propusemos uma abordagem das questões técnicas, ao lado de uma abordagem histórica da música em rede, da discussão de conceitos como sincronia, tempo real e “ao vivo”, e da apresentação de exemplos variados.

Com essa abordagem que procura englobar a multiplicidade das tarefas existentes para se fazer Música em Rede, mais questionamentos se evidenciam: Quais as principais tarefas existentes em um processo como esse? Quais os conhecimentos e expertises envolvidas? Sendo assim, decidimos descrever separadamente alguns eventos implicados na Música em Rede:

27 - No primeiro semestre de 2015, foi oferecida para os alunos de graduação da Escola de Música da UFMG a disciplina optativa “Teoria e Prática da Música em Rede”, na qual o autor realizou seu estágio-docência. Ao lado de uma abordagem histórica da música em rede, da discussão de conceitos como sincronia, tempo real e “ao vivo”, foi também proposta e testada esta abordagem das questões técnicas, que resultou em uma performance musical realizada entre duas unidades acadêmicas. A ementa e conteúdo programático da disciplina está em anexo.

TAREFA	NECESSIDADE COMPUTACIONAL
Configurar a rede	IP público, IP privado, Servidores de rede.
Capturar som	Placa de som; microfone; Instrumento musical; Jack
Converter	Placa de som, Core audio; Jack
Rotear	Jacktrip; Jack
Armazenar local e remotamente	Pure Data; Software para gravação dos canais de áudio
Gerar e receber dados de controle,	Midi; OSC
Analisar sons e dados, interagir em tempo real	Pure Data (software para Interação com fluxo de áudio em tempo real)
Monitorar a rede	Softwares mtr, iperf, traceroute

TAB. 03 Eventos implicados na transmissão de áudio na Música em Rede

A ambientação tecnológica é colocada aqui, numa tentativa de oferecer um conhecimento abrangente e capaz de trazer autonomia aos participantes. A autonomia traz a consciência dos problemas e demandas que surgem em cada fronteira interdisciplinar, fazendo com que esforços coletivos sejam despendidos para a criação de ferramentas que apoiem a exploração e a criação artísticas nos mais diversos contextos. No caso da Música em Rede, este esforço tem gerado ferramentas que tanto auxiliam o músico a gerenciar conexões de áudio em tempo real entre localidades distantes, como também servem de inspiração para explorações e produções conceituais e estéticas entre os compositores e criadores de música em geral.

A próxima seção detalhará o itinerário dos sons utilizados na música em rede, em seus aspectos acústicos, elétricos, de conversão digital e de transmissão por fibra ótica (e vice-versa, por parte do receptor remoto). Em seguida serão abordadas diferentes ferramentas disponíveis para se lidar com as camadas de som, de vídeo e

de outras formas de dados em rede.

### 3.1 ITINERÁRIO DO SOM

Ao tocar música pela Internet, temos o seguinte itinerário do som: os sons do emissor são temporariamente convertidos em sinais elétricos (tensões elétricas que variam com o tempo), para que possam trafegar por um sistema de roteamento, até que chegue ao destino, onde esses mesmos sinais são novamente convertidos em som inteligível pelo destinatário. Tais sinais podem ser analógicos ou digitais.

Os sinais analógicos são gerados por dispositivos transdutores, que são dispositivos elétricos capazes de converter um tipo de energia em outro. Quando uma pessoa produz algum som na frente do microfone, esse dispositivo transdutor converte o som (energia acústica) em sinais analógicos (sinais elétricos oscilantes), que por sua vez trafegam pelo circuito elétrico do sistema até que cheguem aos alto-falantes do destinatário: como os alto-falantes também são um dispositivo transdutor, eles convertem os sinais analógicos em ondas de som. (Medeiros, 2007, p. 20).

Recapitulando, os *inputs* analógicos de informação artística (som, imagem, movimento, etc.) ao serem enviados pelo emissor, ficam temporariamente estocados em pulsos elétricos, nesse momento podem ser processados, em seguida essa informação é direcionada, por meio de um roteamento dos sinais elétricos, em uma rede de telecomunicação, usando a informática, para depois chegar ao receptor, que desfruta dos *outputs* de informação artística.

Como se trata nos dias atuais de áudio e vídeo transmitidos por meio de computadores, há necessariamente um estágio de conversão de sinal analógico para digital, ou digitalização dos dados, antes do tráfego pelo sistema até outros usuários, lembrando que um sinal digital pode vir de um sinal elétrico, ótico, magnético, etc. É interessante notar que há uma alteração da velocidade da informação sonora, ao ser transduzida para energia elétrica e depois convertida em sinais digitais. Se no ar, a velocidade média do som se situa por volta dos 344 m/s, esta adquire valores próximos à velocidade da luz dentro dos circuitos elétrico-

digitais de transmissão e processamento.

Para transmitir qualquer informação através de uma rede de computadores é necessário codificá-la em *bits*. Esta transformação é feita por um algoritmo que além de codificar os dados, muitas vezes também os comprime de modo a reduzir a informação a ser trafegada. Por sua vez, o receptor utiliza outro algoritmo, capaz de decodificar e descomprimir os *bits* em áudio, imagens ou dados. Este par de algoritmos codificador/decodificador é chamado *codec*. A escolha do *software* ou *codec* apropriado para a performance depende basicamente das limitações da largura de banda da rede e dos equipamentos para a captura de informação analógica. Existem diversos tipos de conversão analógico x digital, como por exemplo: conversão de áudio, de vídeo, de sensores, etc. Aqui, vamos exemplificar um processo de digitalização do som.

A informação analógica recebeu esse nome por trabalhar de modo análogo ao mundo real, onde a maioria das coisas que experimentamos varia em um *continuum*. No mundo real, um som mais potente consiste em um movimento mais extenso das moléculas de ar vibrando em uma onda sonora. Em um disco de vinil analógico, esse movimento é gravado como um entalhe mais largo e no caso de uma fita cassete analógica, como um campo magnético mais forte.

Os sinais digitais são aqueles gerados por dispositivos da eletrônica digital, como é o caso de alguns circuitos integrados tais como microprocessadores. São pulsos elétricos binários, ou seja, bits 0 ou 1, em que "zero" significa "ausência de tensão elétrica" e "um" significa "presença de tensão elétrica". O mundo digital faz sua representação do mundo com discretos dígitos binários (bits): zero e um, ligado e desligado. Pela combinação e manipulação desses bits, geralmente em sequência de oito bits, chamadas 'bytes', os computadores são capazes de representar diversas informações. (Medeiros, 2007, p. 20)

Em áudio digital, a forma de onda de som é repartida em amostras individuais regularmente espaçadas no tempo, constituindo uma simulação numérica da forma de onda original. Este processo é o que se chama de conversão analógico-digital, ou também de amostragem. Por taxa de amostragem ou frequência de amostragem entende-se o número de amostras retiradas da forma de onda original, por segundo.

Quanto mais elevada for a taxa de amostragem, melhor será a aproximação à onda original. A taxa de amostragem limita a gama de frequências que o sinal pode conter, sendo que o limite máximo para essa gama é metade do valor da taxa de amostragem. Portanto, para um sinal com frequências até 8000 Hertz, é necessário que a taxa de amostragem seja maior ou igual a 16000 Hertz. Por exemplo, nos sistemas baseados em *Compact Disc Audio* (CD), a taxa de amostragem é de 44100 Hertz (44100 amostras por segundo), visto que a frequência máxima que um ouvido humano pode captar é de cerca de 20000 Hertz. Já a resolução do áudio digital refere-se ao número de bits usados para representar cada amostra. Uma amostra representada por apenas um bit poderia receber apenas dois valores: "0" ou "1". Já uma representação com 2 bits poderia receber 4 valores diferentes ( $2^2 = 4$ ): 00, 01, 10, 11, o CD tem uma resolução de 16 bits o que possibilita uma resolução binária com 65.534 ( $2^{16}$ ) valores, já o áudio de alta definição com resolução de 24bits permite 16.777.216 ( $2^{24}$ ) valores. Um exemplo gráfico (Fig. 22) como seria a relação entre o som analógico, o som digital e sua resolução

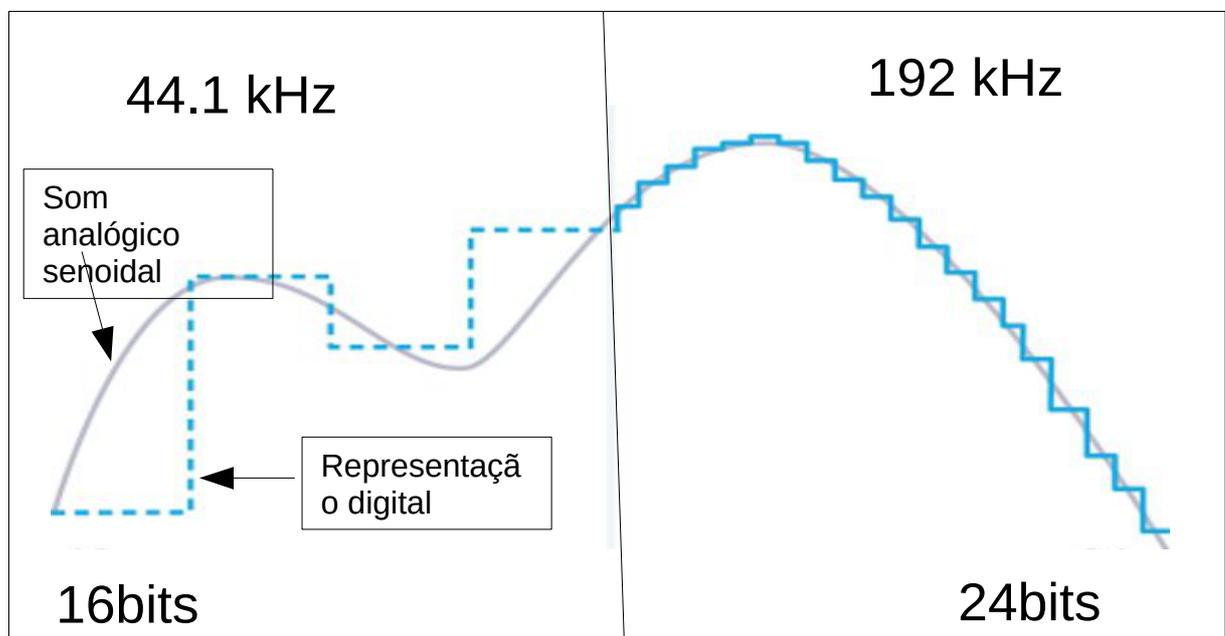


Fig. 22 – Exemplificação gráfica do processo de amostragem de um som senoidal, a digitalização, ou conversão A/D, com resoluções de 16bits e 24 bits.

## 3.2 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS

O elemento tecnológico da arte telemática, ou seja, a utilização da telemática, é baseado nas telecomunicações. A principal tecnologia de telecomunicações na área da música, são as ferramentas que permitem o envio de áudio e vídeo através da Internet, usando o computador, sendo que todas as outras tecnologias necessárias dependem desse hardware. A partir daí, temos a camada de software responsável por processos como: captura de áudio e vídeo, transmissão da informação e sincronização, quando necessário. Dependendo do tipo de software que está sendo usado, as categorias de áudio e vídeo podem ser geridas por uma única aplicação, ou podem exigir diferentes aplicativos.

A popularização da tecnologia necessária para o compartilhamento de fluxos de áudio em rede, é um dos primeiros passos na direção de permitir uma exploração mais sistemática das redes de computadores como verdadeiros espaços de interesse acústico e estético, com características específicas que as tornam intrinsecamente distintas de espaços acústicos usuais, por exemplo na medida em que latência e distância não são necessariamente conceitualmente traduzíveis ou quantitativamente redutíveis um em relação ao outro. (Schiavoni et al., 2014, p. 8)

Atualmente existe uma gama de ferramentas usadas para essa atividade. O pesquisador e programador Flávio Schiavoni, professor do Instituto de Informática da UFSJ, publicou o trabalho. “Ferramentas Livres para Distribuição de Áudio em Rede” (Schiavoni, et al, 2014). Trata-se de uma atualização das ferramentas livres disponíveis para os fins de distribuição de áudio em rede. As ferramentas com o código fonte publicado sob licenças livres são passíveis de análises e investigações mais detalhadas, permitindo a implementação de novas funcionalidades, e a busca de novos objetivos, tais como: aumentar o número de contextos de aplicação, ou melhorar sua interação com o usuário final. Estes softwares, possuem uma comunidade descentralizada de pesquisadores e desenvolvedores ativos compartilhando pesquisas e resultados, criando um ambiente propício para experimentar, apontar soluções para variados contextos e validando pesquisas.

Os softwares que serão descritos a seguir, foram usados no decorrer das experiências com Arte Telemática, os exemplos usados foram formulados durante o contato com outros artistas, programadores e técnicos de rede. Vale ressaltar que análise crítica sobre os propósitos das ferramentas, as interfaces de usuário, assim como os tipos de rede mais adequados para serem usadas, a arquitetura de utilização e a eficiência e prontidão desses softwares, foram comentadas em trabalhos como: (Cáceres & Chafe, 2010), (Melo et al., 2010), (Arango et al., 2013), (Tomiyoshi, 2013), (Lacerda, 2015), dentre outros. Embora não seja possível evitar que alguns dos softwares aqui citados se tornem obsoletos ou mesmo desapareçam, a função que eles desempenham permanece como uma demanda sempre atual, que pode ser suprida por suas atualizações ou por novas alternativas.

### 3.2.1 FERRAMENTAS DE ÁUDIO

#### JACK Audio Connection Kit

JACK é um servidor de áudio de baixa latência, escrito para qualquer sistema operacional. Ele permite a conexão de diversos softwares e/ou cliente a uma placa de som, permitindo-lhes compartilhar áudio entre si. JACK foi desenhado para o trabalho de áudio profissional, e seu projeto se concentra em duas áreas principais: a execução síncrona de todos os clientes e a operação em baixa latência. A interface de usuário para monitoramento dos fluxos de áudio entre os clientes do JACK é chamada de *qjackctl*, também um software livre e de código aberto.

A interface do *qjackctl* (Fig. 23) mostra um esquema de roteamento entre três clientes, que são: placa de som para captura de áudio, Pd-extended para processamento de áudio e Ardour para gravação de áudio. Para o roteamento ser realizado, todos os softwares e hardwares envolvidos devem possuir entrada e saída (*input* e *output*) do sinal de áudio, que são, respectivamente, as abas da direita e da esquerda da janela de roteamento do *qjackctl*. A maior vantagem do JACK é poder gerenciar áudio entre diversos softwares que trabalham com áudio digital.

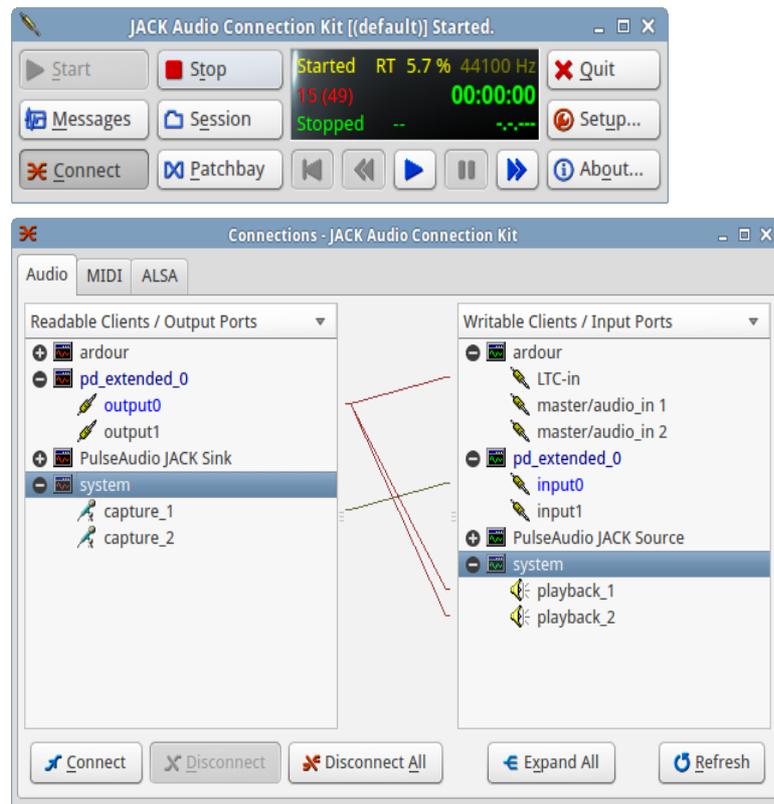


Fig. 23– Interface do qjackctl-roteamento entre os clientes Ardour, Pd\_extended e Placa de som.

## ICECAST

Icecast<sup>28</sup> é um servidor de *streaming* de mídia, que atualmente suporta os formatos de compressão de áudio Ogg e MP3. Ele pode ser usado para criar uma estação de rádio na Internet ou uma *playlist* para execução privada. É muito versátil e suporta padrões abertos de comunicação e interação.

Durante a disciplina de estágio docência, realizamos um experimento de especialização sonora de sons advindos de alguns telefones celulares via icecast: para isso usamos duas outras aplicações que se utilizam do servidor Icecast, o LiveShout<sup>29</sup> e Broadcast Myself<sup>30</sup>. Dividimos os alunos em quatro grupos e cada

28 - site da ferramenta, acessado em 25/07/2016. [www.icecast.org](http://www.icecast.org)

29 - Site da ferramenta acessado em 24/07/2016. <http://locusonus.org/w/?page=Locustream+Liveshout>

30 - site da ferramenta acessado em 25/07/2016 <http://novastreamapps.blogspot.com.br/2014/07/the-broadcastmyself-website.html>

grupo se conectou a um alto falante. Para o streaming de áudio poder ser executado, utilizamos a ferramenta VLC<sup>31</sup>, em conjunto com o servidor local JACK. A escolha dessa arquitetura foi motivada por uma entrega de áudio mais versátil, com clientes responsáveis por enviar seus dados para um servidor só, aliviando a transmissão de múltiplos canais, quando varios clientes precisam receber o mesmo streaming. Isto, no entanto, introduz latência adicional, o que é uma desvantagem dessa ferramenta quando se quer minimizar esse efeito, o motivo dessa latência adicional, que pode chegar até 2 segundos é o padrão de compactação Vorbis que possui alta latência algorítmicas em seus codificadores.

## PURE DATA

O Pure Data (Pd)<sup>32</sup> é um software com possibilidades de criação artística mediada por tecnologia. Os princípios do Pd baseiam-se na gestão de áudio, e em associação com a biblioteca GEM (*Graphics Enviroment for Multimidia*), o processamento de imagem no mesmo ambiente; na síntese, processamento e renderização gráfica em tempo real; na adaptabilidade a uma vasta gama de plataformas e estabilidade a longo prazo. Pd pode trabalhar em redes locais e remotas para integração de tecnologias diversas, tais como, sistemas hápticos, equipamentos de iluminação dentre outros, sendo adequado para a aprendizagem de técnicas básicas de processamento multimídia e programação visual. Pd foi escrito por Miller Puckette e usa a linguagem de *Dataflow programming*, onde os softwares criados (*patches*) são desenvolvidos graficamente, e as funções algorítmicas são representadas por objetos e colocados em uma tela chamada *canvas*.

Os objetos (Fig. 24) são ligados entre si com cordas ou linhas e os fluxos de dados partem de um objeto para o outro através dessas cordas. Cada objeto executa uma tarefa específica, desde operações matemáticas até funções complexas de áudio ou vídeo. Existem diversas distribuições do Pd, sendo as mais

31 - Site da ferramenta acessado em 25/07/2016 <http://www.videolan.org/vlc/index.html>

32 -Site da ferramenta acessado em 25/07/2016 <https://puredata.info/>

utilizadas o Pd vanilla e o Pd-extended. A versão vanilla se refere ao núcleo da linguagem, já o Pd-extended é uma versão estendida que conta com as contribuições da comunidade de desenvolvedores, assim como também de usuários comuns dessa linguagem. Nessa versão são incluídas diversas extensões (bibliotecas) para vídeo, gráficos, rede e novas funcionalidades para criação artística.

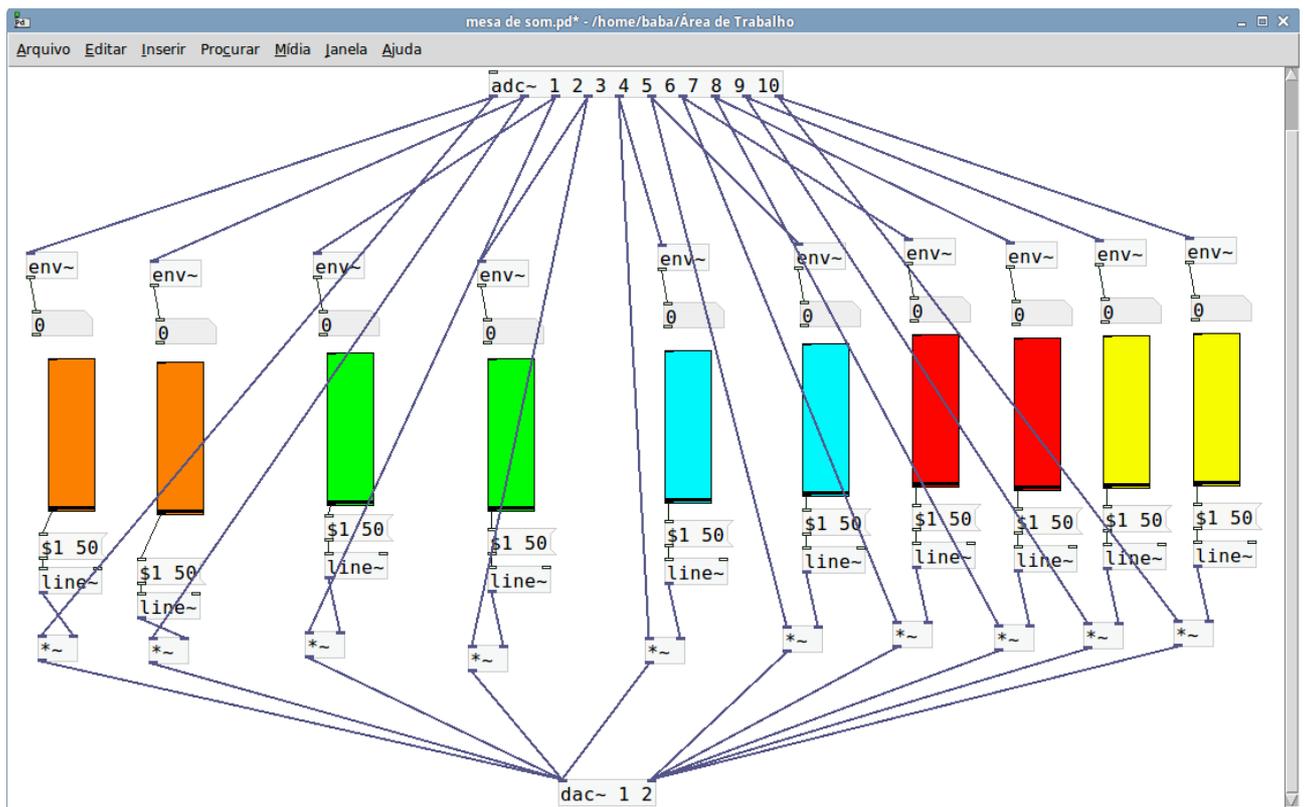


Fig. 24 – Ambiente de programação do Pd – Mesa de som com 10 canais de entrada e 2 canais de saída. Os objetos “adc~” são as entradas de áudio, “line~” “\$1 50” gera um sinal em forma de rampa que controla as mudanças de volume sonoro em um intervalo de 50ms em cada input, evitando assim cliques de áudio, “env~” é apenas um mostrador para saber se chegou sinal de áudio, os *sliders* coloridos são os controles de volume, “\*~” é o amplificador e “dac~” é a saída de som em 2 canais.

## JACKTRIP

*Jacktrip* é um sistema de áudio, de arquitetura de baixo nível computacional (do tipo cliente-servidor) escrito para operar com tráfego de áudio em alta qualidade, em tempo real, e baixa latência, desenvolvido em 2008 no *Center for Computer*

*Research in Music and Acoustics*, (CCRMA) na Universidade de Stanford, Califórnia -EUA. Os pesquisadores Chris Chafe e Juan-Pablo Cáceres, do grupo de pesquisa SoundWIRE (*Sound Waves on the Internet from Real-time Echoes*), foram os desenvolvedores do Jacktrip. Atualmente essa ferramenta tem sido usada em diversas apresentações ao redor do globo (Cáceres & Chafe, 2010), (Mizuno, 2012), (Silva, 2012), (Arango et al., 2013), dentre outras. A principal característica do Jacktrip é possibilitar a utilização de um sistema de redundância de pacotes, garantindo a integridade na entrega dos pacotes de áudio, combinando técnicas computacionais para lidar com os entraves da perda de pacotes, latência e *jittering*. Outra vantagem é ser integrado ao servidor de áudio JACK.

Cada mensagem UDP possui um número sequencial e um buffer circular é utilizado para ordenar os pacotes recebidos. Como no protocolo UDP os segmentos de dados podem ser entregues mais de uma vez, o mecanismo de alimentação do buffer circular trata da triagem dos segmentos que ainda não foram recebidos e daqueles duplicados e que podem ser descartados. Além disso, o uso de um buffer permite amortizar as variações no atraso da rede (conhecidas como jitter), garantindo que a entrega dos dados mantenha uma taxa constante de atualização, às custas de um pequeno aumento na latência. O *Jacktrip* utiliza como padrão uma taxa de amostragem do sinal de áudio igual a 44.100 Hz com amostras 16 bits podendo ser conectado a quantos canais de áudio a placa de som e/ou a rede suportar.

### **3.2.2 FERRAMENTAS DE VÍDEO**

Um elemento a se considerar quando se planeja uma performance em rede, é a transmissão de vídeo. Alguns exemplos bem conhecidos incluem *Skype*, *Google Video Chat* e *Conference XP*, que por sua vez se utilizam de diferentes formatos para arquivo de vídeo, como AVI, MPEG-4, FLV, MOV, OGG, OGM, OGV, MKV, VOB, ASF, WMV entre outros. Cada um desses formatos utiliza um sistema de codificação e decodificação próprios.

A comunidade de educação musical tem se interessado muito pelos projetos e

sistemas de se poder tocar música à distância, e algumas vezes tentaram adaptar as ferramentas de videoconferência existentes, como o caso do H.323<sup>33</sup>. Esse sistema oferece codecs de má qualidade de áudio (80Hz-8KHz), colocando prioridade no vídeo e deixando o áudio a desejar, além de muitos usarem o *Automatic Echo Cancellation* (AEC), um mecanismo que é otimizado para padrões de voz falada, que por sua vez cancelam uma ampla gama de frequências audíveis. (Orto & Karapetkov, 2008). As ferramentas ConferenceXP, (Needham, 2006), e DVTS (*Digital Video Transport System*), (Ogawa, et al., 2000), possuem uma qualidade muito melhor de áudio e não usam AEC, mas também têm alta latência (acima de 300 ms) o que gera eco, e torna as interações não naturais.

Em alguns projetos foram empregados vídeo e áudio com exigências técnicas muito baixas. Como exemplo, a performance de 2008, da música de Terry Riley, "In C" entre Stanford e Pequim, (Cáceres, et al. , 2008). Nessa performance, o ambiente virtual comportava uma latência de 220ms de áudio não-comprimido, enquanto que o vídeo foi transmitido empregando o software VLC com compressão em MPEG4, resultando num atraso de cerca de 1s, com 720p de resolução.

Os autores do trabalho (Cáceres, et al. , 2008) afirmaram que a experiência de performance em rede mostra que os músicos geralmente não olham para o vídeo quando eles estão tocando, já que o vídeo tem principalmente a finalidade de fornecer uma experiência para o público, enquanto também proporciona maior tranquilidade e conforto para os músicos durante a performance, além de outras necessidades de comunicação como por exemplo, o posicionamento dos músicos e instrumentos no palco.

## **ARTHRON**

Arthron é uma ferramenta que possibilita o gerenciamento de qualquer fluxo de informação de áudio e vídeo, possibilitando a interconexão de diferentes encoders e decoders, durante sua transmissão em tempo real via Internet. Isto

33 -Descrição da ferramenta <https://en.wikipedia.org/wiki/H.323>

facilita, portanto a produção de criações artísticas que necessitam de uma grande eficiência quanto à troca de imagens e ao controle e eficácia na transmissão da imagem. Diversos espetáculos de Arte Telemática tem usado essa ferramenta nos últimos anos (Melo et al., 2010), (Silva, 2012). (Howard et al., 2012). Essa ferramenta tem um atraso elevado na transmissão de vídeo, não sendo aconselhado usá-la em uma performance com abordagem RIA (Abordagem de Interação Realística), sua maior vantagem é a possibilidade de também funcionar como um servidor e gerenciador de todos os fluxos de vídeo da performance.



Fig. 25 – Ambiente da ferramenta Arthron, para streaming de vídeo. A grande vantagem dessa ferramenta é a troca imediata de imagens entre Encoders e Decoders.

## TELECORPO

Um software que atualmente tem se destacado por sua arquitetura de baixo nível computacional (estilo cliente-servidor) e alta performance é o TeleCorpo (Fig. 26) que é uma ferramenta para transmissão de vídeo por redes de computadores,

resultado de uma pesquisa voltada para a relação entre estudos do corpo e cultura digital na Arte em Rede. Em seus primeiros usos, o TeleCorpo assim como aponta o autor: “(...) mostrou-se uma ferramenta de poucos requisitos, com instalação simples, arquitetura e implementação fáceis, além de relevante à excelência deste tipo de evento.” (Lacerda, 2015, p.273). Os esclarecimentos e detalhes técnicos para uso desse *software* estão detalhados no site<sup>34</sup> do autor.

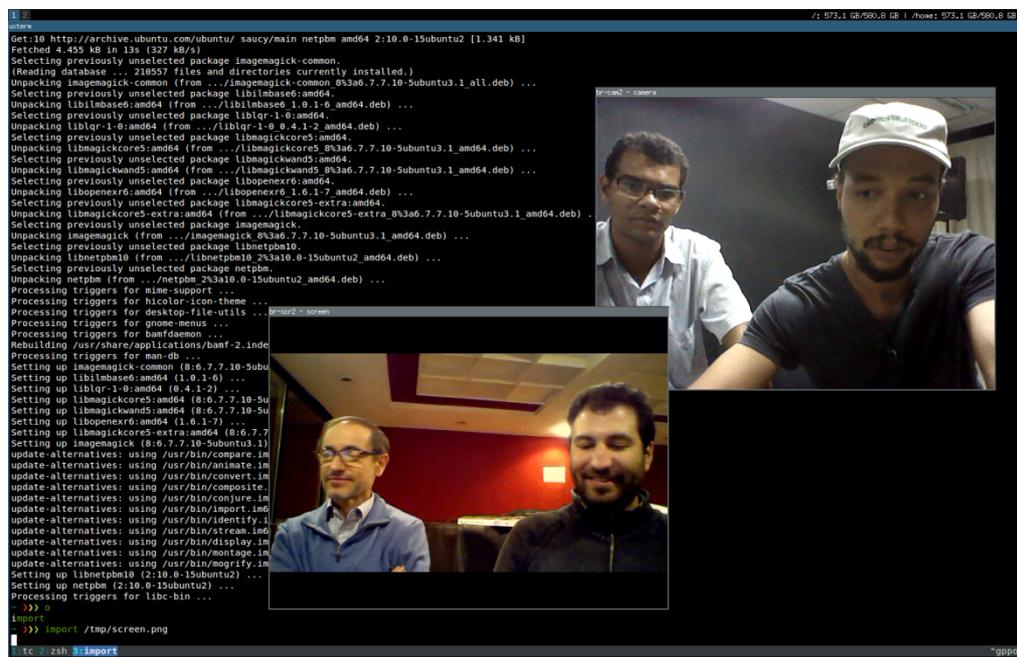


Fig. 26 - Interface de baixa arquitetura do TeleCorpo.

### LOLA (LOW LATency audio visual streaming system)

LOLA<sup>35</sup> é um sistema para interação via áudio e vídeo por meio de redes de Internet, destina-se a operar em infra-estruturas de redes de alta performance, e é baseado em baixa latência de áudio e vídeo, pois trabalha na integração e otimização da transmissão de pacotes de dados. O pequeno atraso de ida e volta dos dados transmitidos torna o sistema adequado para a educação musical à

34 - Site com o código fonte da ferramenta acessado em 15/06/2016  
<https://github.com/telecorpo/telecorpo>

35 - site da ferramenta acessado em 27/08/2016 <http://www.conservatorio.trieste.it/art/lola-project/lola-low-latency-audio-visual-streaming-system>

distância, em tempo real, performance musical distribuída, mas em geral, também para qualquer atividade interativa humano-humano distribuída. LOLA é o software mais usado em interações desse tipo e as atuais experimentações com músicos, demonstrou sua eficácia e adequação para a distâncias geográficas de até 3.500 km. A versão mais recente, (2013) suporta características altamente confiáveis na transmissão de A/V, como relatam os autores do projeto:

A versão atual suporta áudio em 44100 samples/seg, 16 bits e resolução, vídeo de 640x480 a 60 ou 30 fps, colorido ou preto e branco. Áudio e vídeo não são compactados, evitando atrasos no processo de codificação e decodificação. Isto permite alcançar atrasos de ida e volta do sinal (não considerando o atraso de rede) por volta de 5 ms para áudio e de 20 ms para vídeo, considerando a latência da rede a ~1ms por 100 km em WANs. (Drioli, et al., 2013, p.243).

A ferramenta LOLA foi concebida pelos pesquisadores do *Conservatorio di Musica G. Tartini*, Trieste, Itália, em 2005. (Drioli, 2012). No desenvolvimento dessa ferramenta, o objetivo era oferecer alta qualidade e sinais de vídeo de baixa latência, que são intercalados e sincronizados com o áudio. Uma configuração típica envolve um computador com uma placa de som dedicada, uma câmera USB 3.0 com alta resolução e uma placa de rede Gigabit. LOLA visa minimizar as latências empregando links de banda larga estável para evitar todos os passos que não são essenciais, como comunicação com servidores e técnicas de compressão.

### **3.3 RETROALIMENTAÇÃO DE ÁUDIO E SINCRONIA**

A sincronia e a retroalimentação sonora são preocupações inerentes aos processos telemáticos. Destaco um sistema de microfones virtuais (ViMiC) (Fig. 27) desenvolvido pelos pesquisadores do *Center for New Music and Audio Technologies (CNMAT)*, UC Berkeley. (Peters et al., 2011). Esse sistema evita a retroalimentação sonora em transmissões de áudio com grande quantidade de canais; essa

retroalimentação pode ser uma simples microfonia indesejada ou o áudio retransmitido em um *loop* infinito para todos os participantes, o que, se não for a proposta pode inviabilizar a performance.

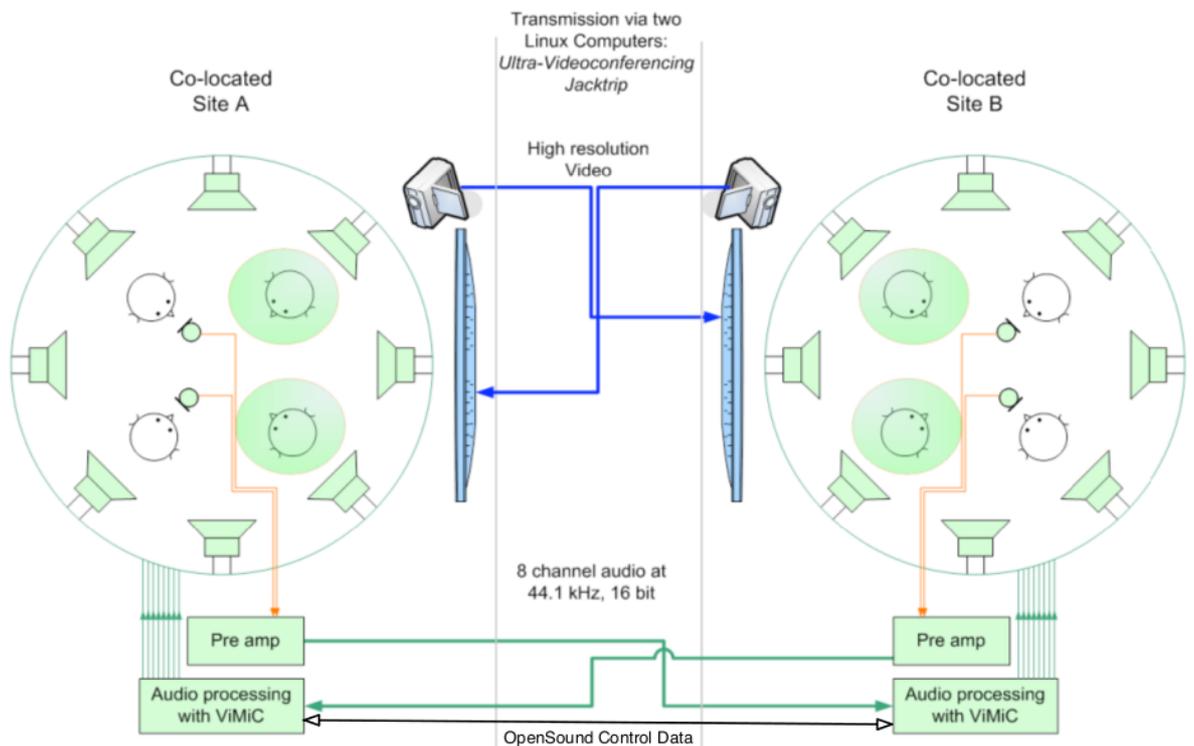


Fig. 27 – Esquema geral de transmissão usando o sistema de microfones virtuais-ViMiC.

Seu funcionamento ocorre da seguinte maneira: o som dos músicos é capturado usando microfones de lapela e enviado ao *software* de espacialização baseado no sistema virtual de microfones (ViMiC), para ser direcionado a um conjunto de alto-falantes. O objetivo é simular a mesma sala virtual em todos os locais geográficos dos participantes na interação. “(...) A matriz de microfones virtuais permite uma orientação axial de espacialização sonora, e esses padrões podem ser livremente ajustados no espaço 3D.” (Braasch; et al., 2007, p.3). Com esse ajuste no espaço 3D é possível eliminar a retroalimentação sonora e até mesmo definir os padrões de sincronia desejados pelos participantes. Embora essa ferramenta esteja sujeita às variações de *jittering* da rede, ela também trabalha com um *buffer* para minimizá-lo na entrega dos pacotes de áudio.

Quando áudio e vídeo são transmitidos por softwares diferentes, pode ser necessário um mecanismo para sincronizar ambos. Uma forma de fazer isso seria criando um patch no software Pd para calibrar o atraso de áudio, de modo a sincronizar com o atraso de vídeo; assim, a sincronização pode ser obtida apenas manualmente por um atraso artificial, usando os objetos [adc~], [delwrite~], [delread~], [dac~]. A ferramenta *Jacktrip* recebe o fluxo de áudio e o Pd lê a informação  $x$  milissegundos depois, sendo  $x$  o *delay* que o áudio e o vídeo apresentam e que deve ser adicionado aos objetos [delwrite~], e [delread~]: no exemplo da (Fig. 28) usamos 2000ms. Então, basta configurar os objetos [delwrite~] e [delread~] para esse valor e depois endereçar os canais no *qjackctl*.

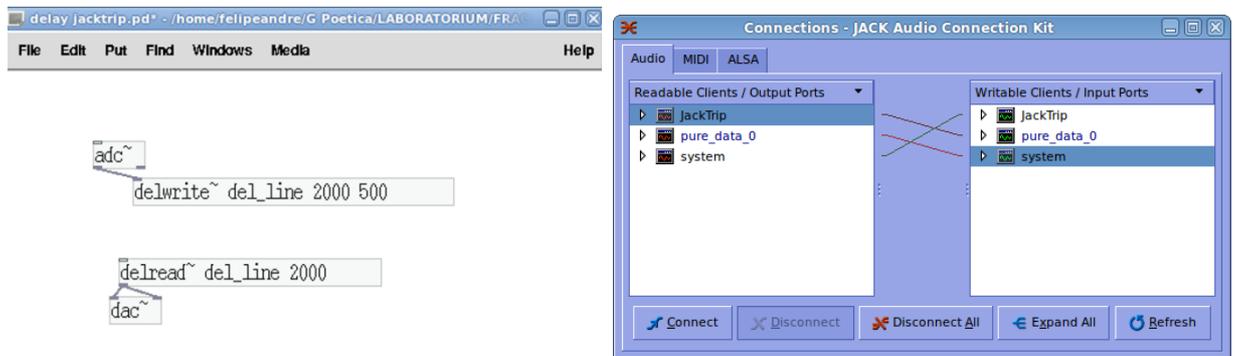


Fig. 28 – Patch criado em Pd para sincronizar áudio e vídeo e endereçamento dos canais pelo JACK.

### 3.4 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO EM REDE

Uma transmissão de áudio em alta definição é necessária para proporcionar performance de música em rede de forma mais realista. A transmissão em PCM, de um sinal de áudio mono (bruto) com qualidade de CD (44,1 kHz, 16 bits/sample) exige uma taxa de dados de 0,7MB/s. Quando a transmissão necessita de mais canais e utiliza taxas de amostragem e resolução mais altas, (por exemplo 48k/96k/24bit), demanda por uma taxa de transmissão de dados mais alta que cresce proporcionalmente. A performance de alta qualidade só se tornou uma possibilidade tangível com a disponibilidade de redes de banda larga, necessária

para a circulação de áudio digital em tempo real. Na música em rede o fator mais óbvio referente à influência da rede é a latência ou atraso, afetada por dois fatores principais: a propagação do sinal transmitido através do meio físico, e a comutação de pacotes, que é um paradigma de comunicação de dados em que pacotes (unidade de transferência de informação) são individualmente encaminhados entre os nós da rede.

A primeira questão é de importância primordial no caso da Música em Rede remota onde a rede deve possuir um link dedicado, ou um link com roteamento muito simples e largura de banda dedicada. Desta natureza são, por exemplo, as ligações de fibra ótica que conectam instituições de pesquisa, tais como a Internet2<sup>36</sup> na América ou GEANT<sup>37</sup> na Europa. Com estas redes é possível reservar largura de banda e encaminhamento para a performance a fim de minimizar a comutação de pacotes. Em alguns meios de propagação, como a fibra ótica, a transmissão do sinal pode alcançar algo em torno de 0,7 vezes a velocidade da luz no vácuo, ou seja, cerca de 4,7ms a cada 1000 km. Infelizmente, o encaminhamento entre os locais distantes podem ser muito mais longo do que o caminho direto, como aconteceu nos testes de rede da *Climate Change Opera*, onde apenas na América Latina aconteceu um atraso de 180ms.

Uma latência adicional, resultado da comutação de pacotes local, é empregada pela propagação de sinal digital através da fibra ótica, tipicamente da ordem de 1 ms por 100 km, o técnico administrador da rede deve garantir que os estabelecimentos participantes da performance musical use uma faixa reservada de banda de Internet, uma largura de banda típica pode variar entre 170 Mbps (vídeo 640 × 480, 60 fps preto e branco) e 1700 Mbps (vídeo Full HD, 30 fps colorido). Se algum método de compressão de vídeo for usado, pode ocorrer uma redução da largura de banda em até 20 Mbps no melhor dos casos, mas gera uma grande carga de processamento computacional em ambas as extremidades da conexão.

A comunicação em tempo real em rede de computadores é normalmente feita sobre o protocolo UDP, *User Datagram Protocol*, que envia tráfego de dados sem se preocupar se os pacotes enviados efetivamente chegaram ao seu destino ou foram

36 -Mais informações no site, acessado em 05/05/2016 <http://www.internet2.edu/>

37 - Mais informações no site acessado em 05/05/2016 <http://www.geant.org/>

perdidos no caminho. Ele atinge taxas de transferência maiores e *delays* menores, do que por exemplo o uso do TCP, *Transmission Control Protocol*, ao evitar a comunicação bidirecional entre o emissor e receptor, que garante a retransmissão dos pacotes em caso de perdas. Essa maior taxa de transferência e menor latência, características do UDP, são importantes para transmissão de áudio e vídeo em tempo real. Em contrapartida, ocorre perda de pacotes que degrada os sinais de áudio e vídeo ao causar a falta de informações suficientes para reproduzir os sinais de maneira integral.

Em redes locais (LANs) a taxa entre pacotes perdidos e pacotes totais é normalmente 0%, mas em redes largas (WANs), como a Internet, essa taxa pode ser muito maior causando a inviabilidade da execução de projetos artísticos que requerem boa qualidade dos sinais. Perdas superiores a 1% podem inviabilizar a transmissão, dificultando a reconstrução correta da imagem pelo decodificador, então um codec é usado de modo a reduzir a eficácia da compressão, aumentando a redundância e tornando as perdas menos relevantes. (Lacerda, 2015, p.275)

Outra característica que afeta as transmissões UDP é o *jitter* da rede, que designa uma pequena variação no atraso da transmissão dos pacotes, onde pacotes podem chegar fora de ordem. Portanto, um processo de cache/buffer (Fig. 29) aguarda por pacotes atrasados para evitar a reconstrução errônea da imagem ou áudio, por exemplo, mas descarta os muito atrasados, que são considerados perdidos. Se a velocidade da rede for constante, os pacotes chegarão sequencialmente um após o outro, mas em redes largas a velocidade da rede varia consideravelmente, fazendo com que os pacotes cheguem ligeiramente desordenados. Os *buffers* de rede são partes essenciais no processo de transmissão de dados pela rede, no entanto, o acesso às suas configurações é muitas vezes ocultado.

Os *buffers* de áudio são muitas vezes configuráveis em todas as camadas e aplicações, enquanto os *buffers* de rede são normalmente ocultados pela implementação do sistema operacional, e nem sempre acessíveis a configurações por usuários comuns. (Schiavoni, 2013, p.30)

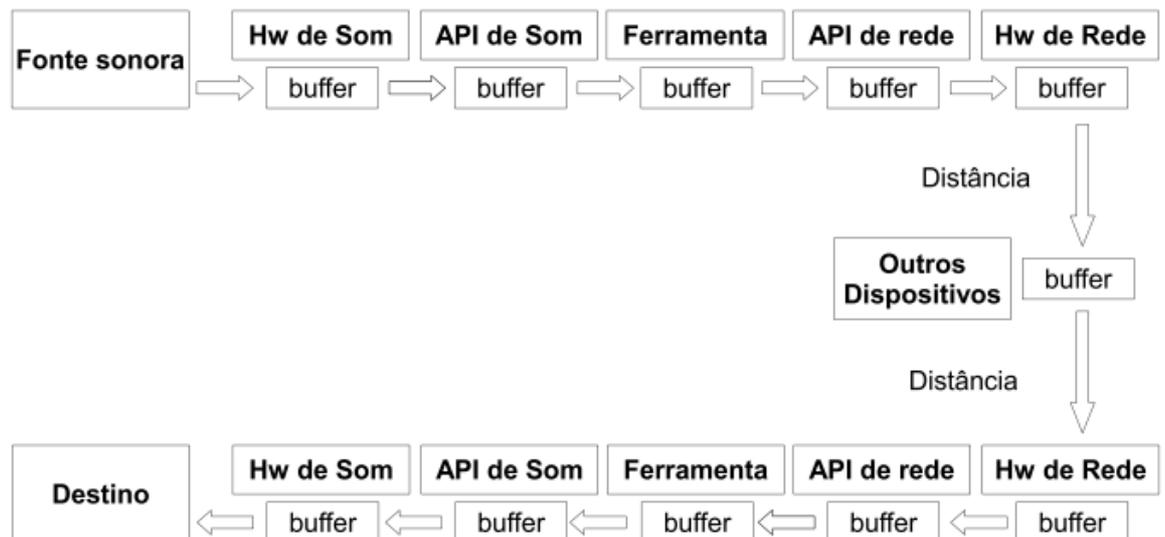


Fig. 29 – Esquema demonstrando as etapas do processo de *Buffer* e latência entre a fonte sonora e o destino do áudio em um processo de transmissão de áudio (Schiavoni, 2013, p.30).

Os protocolos UDP e TCP auxiliam a comunicação das redes de Internet, que se interligam via o *Internet Protocol* ou IP, que é um protocolo de comunicação usado para encaminhar entre os computadores, todos os dados de uma conexão. Atualmente usamos a versão 4 e 6, IPv4 e a IPv6 desse protocolo. Os endereços IPv4 públicos são limitados. Com 32 bits são aproximadamente 4 bilhões de endereços IP, no momento já esgotamos os endereços IPv4, sendo necessário a criação do protocolo IPv6 de 128 bits. Pelo motivo de esgotamento de números IPv4, as redes privadas se tornaram muito comuns, as LANs (*Local Area Network*), pois não há a necessidade de que todos os computadores de uma organização possuam um IP universalmente endereçável. A rede doméstica que usamos em casa também trabalha nesse paradigma do IP privado, que funciona seguindo a técnica de roteamento NAT.

O NAT (*Network Address Translation*) é uma técnica avançada de roteamento que permite que vários dispositivos acessem a Internet usando uma única conexão e um único endereço IP público válido. Ao receber um pacote de um dos dispositivos

da rede local endereçado à Internet, o servidor substitui o endereço da estação (192.168.0.2, por exemplo) pelo seu endereço de Internet e o envia ao destinatário. Ao receber resposta, o servidor novamente troca o endereço de Internet do destinatário pelo seu (do servidor) IP de rede local. A estação acha que está conversando diretamente com o servidor e não enxerga os demais *hosts* da Internet, enquanto eles (os demais *hosts*) enxergam apenas o servidor e não os demais dispositivos da rede local, que permanecem invisíveis. (Morimoto, 2011, p.42).

Ao conectar na Internet, o computador recebe um único endereço IP válido. Apesar disso, mantemos vários programas ou serviços abertos simultaneamente. É normal ter um programa de e-mail, o navegador, um cliente de mensagens instantâneas, *downloads* via P2P e vários outros programas que enviam e recebem informações, para que isso seja possível sem haver conflito entre as aplicações, temos as portas e os serviços. Nomes de serviços e números de porta são usados para distinguir entre diferentes serviços que foram executados através de protocolos de transporte como o TCP ou UDP.

Podemos fazer uma analogia onde as duas partes do endereço IP (a parte referente à rede e a parte referente ao host) correspondem ao CEP de uma rua e ao número do prédio. Um carteiro só precisa destas duas informações para entregar uma carta. Mas, dentro do prédio moram várias pessoas. O CEP e número do prédio só vão fazer a carta chegar até a portaria. Daí em diante é preciso saber o número do apartamento, que aqui são chamadas de portas TCP. Existem 65.536 portas TCP e UDP, numeradas de 0 a 65535, cada porta pode ser usada por um programa ou serviço diferente, de forma que em teoria poderíamos ter até 65536 serviços diferentes ativos simultaneamente em um mesmo servidor, com um único endereço IP válido. O endereço IP contém o CEP da rua e o número do prédio, enquanto a porta TCP ou UDP determina a que sala dentro do prédio a carta se destina. As portas TCP mais usadas (também chamadas de "*well known ports*") são as portas de 0 a 1023, que são reservadas para serviços mais conhecidos e utilizados, como servidores web, FTP, servidores de e-mail, compartilhamento de arquivos, etc. A porta 80, por exemplo, é reservada para uso de servidores web, enquanto a porta 21 é a porta padrão para servidores FTP. (Morimoto, 2011, p.132-133). Já as portas

8000 e 8080 são usadas por diversos softwares para transmissão multimídia de áudio e vídeo, o servidor *icecast*, assim como alguns objetos do Pd (Fig. 30) usam a porta 8000 para comunicar-se com seus clientes.

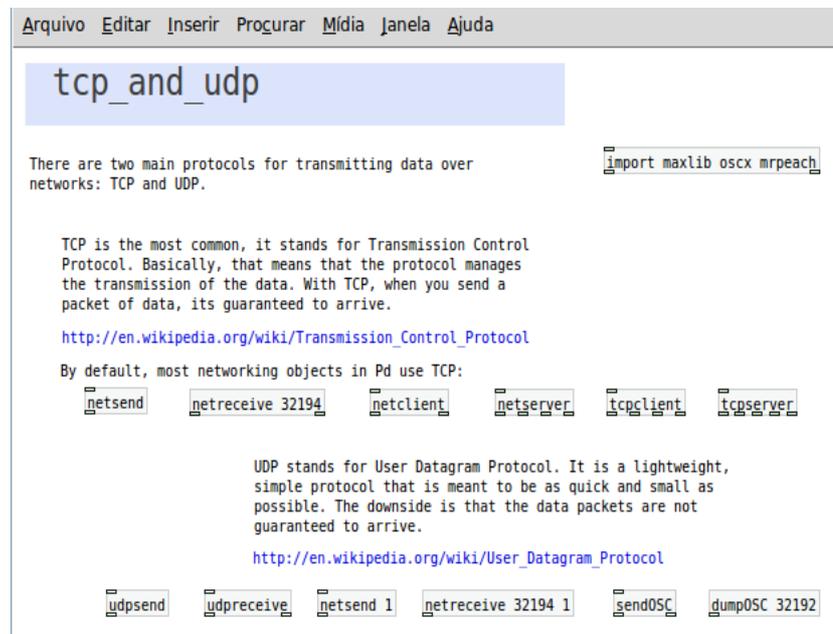


Fig. 30 – Objetos da ferramenta Pure Data que trabalham com envio de dados via protocolos de rede de Internet.

Para o trabalho de Música em Rede, faz-se necessário o uso de IPs universalmente endereçáveis, ou seja, um IP Público, principalmente para o uso da ferramenta *Jacktrip*. Atualmente esses IPs são facilmente acessíveis na rede acadêmica das universidades em todo o País, porém, para quem deseja “ser visto” na rede, mesmo usando uma rede doméstica, existe uma solução que a criação de Redes Virtuais, ou VLANs, pois elas trabalham com uma estrutura de roteamento pelas portas, cujas rotas são definidas manualmente, outra abordagem para o uso de rede doméstica é implementado na dissertação de Márcio Tomiyoshi, (Tomiyoshi, 2013), já que seu principal trabalho foi implementar um sistema de compactação de áudio dentro da ferramenta *Jacktrip*, criando o *JacktripMod*. Como aponta o autor:

O principal problema do *JackTrip* original para seu uso na internet comercialmente disponível no Brasil é o uso de codificação PCM

(*Pulse Code Modulation* ou Código por Modulação de Pulso) sem nenhuma opção de compactação para a transmissão de áudio. Isso faz com que a exigência de largura de banda para se obter alta qualidade atinja valores inviáveis dadas as baixas taxas de *upload* obtidas por usuários domésticos. A resposta mais óbvia para este problema é o uso de algum tipo de compactação de áudio, já que técnicas de codificação como o MP3 e o Vorbis são bastante populares e conseguem atingir uma taxa de compactação altíssima mantendo grande parte da qualidade original do áudio. Porém, o uso destes padrões de codificação não é viável na Música em Rede. (Tomiyoshi, 2013, p.38)

Os padrões de compactação MP3 e Vorbis não são muito usados devido às altas latências algorítmicas introduzidas por tais codificadores. Temos como exemplo o servidor Icecast que usa o padrão Vorbis, provocando 2 segundos de latência algorítmica ao streaming. A alternativa proposta por Tomiyoshi é a utilização de um codificador de baixa latência chamado CELT (*Constrained Energy Lapped Transform*). O autor implementa o codificador CELT, que promete compactar áudio mantendo uma qualidade ainda bastante alta, bem maior que as compactações por MP3 e AAC e com baixa latência algorítmica. Assim, ao permitir ao usuário escolher a taxa de bits que será utilizada com o codificador CELT, a largura de banda necessária para uma conexão ponto a ponto pode ser diminuída consideravelmente, de acordo com o que for adequado para a conexão em que o participante se encontra.

Ainda existem outros protocolos para comunicação em rede e troca de materiais ou representações musicais, uma camada de dados e meta-dados. Os protocolos de representação MIDI e OSC podem ser descritos por representações numéricas. O MIDI vai de 1 a 127, já o OSC possui alta resolução com valores do tipo 0,4892348, por exemplo.

*Musical Instrument Digital Interface*, (MIDI), Interface Digital para Instrumentos Musicais, trata-se de um esquema de interconexão física e lógica com um protocolo de comunicação que possibilita o controle e conexão de instrumentos musicais em tempo real, o MIDI não transmite o áudio e sim informações de controle de performance. Com o passar dos anos surgiram diversas categorias de software que vieram a utilizar o padrão MIDI. O principal destes são os softwares para

sequenciamento ou simplesmente sequenciadores MIDI. Trata-se de uma ferramenta que possui recursos eficientes para a manipulação precisa dos eventos MIDI que codificam a música executada. (Longo, 2006, p.15). Uma característica importante e fundamental do MIDI é o fato deste ser um sistema de comunicação digital, onde as ações e atitudes do músico em relação ao instrumento musical são detectadas, codificadas e transmitidas pelo cabo MIDI, com formato de dados digitais. Esses dados não são os sons, e sim as ações que o músico faz para tocar os sons. Ainda existem outras informações, que não são especificamente de execução musical e que também podem ser transmitidas via MIDI. (Longo, 2006, p.37)

Por outro lado, OSC<sup>38</sup>, *Open Sound Control*, (Wright, 2005) é um protocolo de comunicação entre computadores, sintetizadores e outros dispositivos de multimídia que são otimizados para a tecnologia de rede moderna. Suas duas principais características, opostas às do padrão MIDI são que os dados simbólicos e argumento numéricos possuem alta resolução (0,247832429); e que trabalham via rede, eliminando a necessidade de hardware dedicado utilizando apenas as interfaces de rede típicas para troca de dados. Em sua atual versão, o protocolo OSC possui as seguintes áreas de aplicação: 1) Sensor baseado em gesto, 2) Mapeamento de dados não musicais; 3) Controle musical compartilhado por vários usuários; 4) Interfaces Web; 5) Performance Musical em rede; 6) Telepresença; 7) Realidade Virtual. 8) Instrumentos musicais eletrônicos. Vale ressaltar que uma comunicação básica textual via *chats* e e-mails, percorrem todo o processo de produção e realização de Música em Rede.

38 - Para mais detalhes do protocolo e seu funcionamento acessar o site <http://opensoundcontrol.org/>

## 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou um percurso entre os principais conceitos ligados à Música em Rede, a análise de algumas obras significativas e apresentação de ferramentas necessárias a esta prática. Isto é reflexo não apenas de características singulares da trajetória do autor, mas também da natureza do próprio campo, que certamente está longe de atingir alguma estabilidade; pode ser mesmo que a estabilidade não seja um objetivo a ser alcançado pela arte telemática. A variedade de experiências artísticas e de conceitos que tentam explicá-las nos permite fazer esta inferência futura.

Por outro lado, performances em rede devem ser realizadas com as ferramentas disponíveis, podendo assim criar situações difíceis para os artistas. Esta dissertação também reuniu os princípios básicos para um músico telemático começar a se sentir confortável em seu envolvimento com uma performance em rede. Enquanto alguns aspectos técnicos parecem a princípio complexos, aos poucos o músico pode ganhar experiência com a tecnologia, e a informação vai se tornando mais familiar.

Ao longo das descrições realizadas durante no último capítulo, mostramos as várias tecnologias disponíveis e aplicáveis à Música em Rede, tentando salientar seus diversos usos. Tornou-se evidente a larga quantidade de soluções existentes, mesmo focando em soluções via software livre e com código aberto. Nenhuma dessas ferramentas insinua-se como sendo melhor do que todas as outras, sendo cada uma detentora de características próprias que podem torná-la adequada para um determinado tipo de situação e não para outros.

Essencialmente, os requisitos para uma performance em rede de sucesso são alcançados através de planejamento antecipado. É importante que cada pessoa envolvida entenda seu papel e responsabilidades no processo, e que todos os aspectos da performance sejam discutidos e preparados com antecedência. Cada indivíduo, provavelmente terá maiores responsabilidades do que em uma performance sem o elemento adicional de telemática.

Uma comunidade específica de pesquisadores e artistas está sendo criada ao

redor dessas estruturas, o que torna encorajador e certamente projeta um futuro para a performance de Música em Rede. Também fica claro que performance em rede é um excelente exemplo do uso de uma tecnologia para fins que não estavam previstos inicialmente. A apropriação de infraestrutura de rede para um tipo de música nova, distribuída e multi-espacial nos fornece oportunidades para uma mudança significativa na forma como nos relacionamos com a música. Com esses objetivos, a nossa abordagem requer uma compreensão de questões técnicas, sociais, culturais e musicais, que dizem respeito a este tipo sem precedentes de performance.

Ao tratar a rede como meio ambiente para se fazer música, uma boa parte da construção do conhecimento artístico torna-se orientado por campos interdisciplinares, isso fica evidente que a produção do conhecimento implica uma ação partilhada, pois é através dos outros que as relações entre sujeito e objeto de conhecimento são estabelecidas. No nosso caso, o Outro distante e o Outro perto. Na própria redação da presente dissertação os interesses se dividiram em áreas distintas, promovendo uma espécie de entrelaçamento no convívio desses conhecimentos distintos.

Os ambientes de interação à distância promovidos pela Música em Rede, onde os usuários colaboram musicalmente uns com os outros, sugerem uma situação inovadora para pensamento composicional e criativo em música, que ainda são intensificadas com as ferramentas colaborativas da computação em rede.

A exploração de modos de trabalho em composição e performance musical no âmbito das redes avançadas de Internet enfatiza a “distância” como tema recorrente, constituindo a metáfora motivacional da presente pesquisa de mestrado, associada à ideia da Rede como meio ambiente. Como já foi ressaltado, mais que uma mídia para transmissão de informação, a rede torna-se um meio ambiente que conecta e determina as condições artísticas e estéticas para a criação das obras colaborativas socialmente.

Neste trabalho vimos uma gama de abordagens em que a música e a interação à distância usam a rede como meio ambiente, que suscitam as seguintes observações finais. Algumas abordagens esboçam novas modalidades de interação

musical e propõem à audiência/público um papel ativo no processo de criação musical, desafiando a tradicional relação entre sujeito ativo e visualizador de objetos de arte passivo, criando interatividade para encontros estéticos remotos. Há um interesse pela representação simbólica dos indivíduos distantes e sua atividade social dentro do espaço online, como exemplo da visualização gráfica na obra *Netrooms*. Na música tradicional muitos contextos de performance já estão estabelecidos, já na Música em Rede os contextos são criados pelo artista (compositor) que se torna "(...) um criador de contextos, um facilitador de interações". (Kac, 1997, p.177).

Os próximos tempos certamente nos trarão muitas novidades em termos de usos musicais da rede e de sua interação com a prática musical mais tradicional, já que não faz sentido pensar que tais opções sejam mutuamente exclusivas. Na verdade, é tão limitante pensar que a telemática não tenha nada a oferecer à prática musical "aqui e agora", quanto acreditar que uma música totalmente nova surgirá apenas devido à presença de novas tecnologias de comunicação.

## BIBLIOGRAFIA

- Alexandraki, Chrisoula, Panayotis Koutlemanis, Petros Gasteratos, e Nikolas Valsamakis. "Towards the Implementation of a Generic Platform for Networked Music Performance: The Diamouses Approach." *EProceedings of the ICMC 2008 International Computer Music Conference*, 251–58. Belfast, 2008.
- Arango, Julián Jaramillo. "Network Music: Criação e Performance Musical Colaborativa no Âmbito das Redes de Informação." *Tese de Doutorado*, ECA/USP, São Paulo 2014.
- Arango, Julian Jaramillo, Marcio Tomiyoshi, Fernando Iazzetta, e Marcelo Queiroz. "Brazilian Challenges on Network Music". *Proceedings of the Sound and Music Computer Conference*. SMC, 1–7. Stockholm, 2013.
- Ascott, Roy. "Is There Love in the Telematic Embrace?" *Art Journal* 49, no. 3. 1990, pp. 241–47
- . *Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness*. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Vol. 53. LA: University of California Press, Berkeley, 2003.
- Baran, Paul. *On Distributed Communications: Introduction to Distributed Communications Networks- MEMORANDUM RM-3420-PR, Prepared for United Air Force Project Rand*, August, 1964, 51 p. Disponível em: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_memoranda/2006/RM3420.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2006/RM3420.pdf) Acessado em 03 de agosto de 2016.
- Barbosa, Álvaro, J, Cardoso, e G, Geiger. "Network Latency Adaptive Tempo in the Public Sound Objects System." *NIME 2005 Proceedings*, Vancouver, 2005, pp. 184–87.
- Barbosa, Álvaro. "Displaced Soundscapes: A Survey of Network Systems for Music and Sonic Art Creation." *Leonardo Music Journal* 13, 2003, 53–59.

- . “Performance Musical Em Rede.” *Criação Musical E Tecnologias Teoria E Prática Interdisciplinar*. Série Pesquisa em Música no Brasil, v. 2, ANPPOM, Goiania, 2010, 180–208.
- Bell, Daniel. Introduction to The Computerization of Society by Simon Nora and Alain Minc. MIT Press, Massachussetts, 1980.
- Braasch, Jonas, Daniel Valente, e Nils Peters. “Sharing Acoustic Spaces over Telepresence Using Virtual Microphone Control.” *123rd Convension of Audio Engineering Society, edited by Audio Engineering Society*, 8. New York, New York, USA, 2007.
- Cáceres, JP, Robert Hamilton, Iyer, Deepak, Chafe Chris, Wang Ge. “To the Edge with China: Explorations in Network Performance.”: *Proceedings of ARTECH, 4<sup>th</sup> International Conference on Digital Arts*. Porto, 2008, 7–8.
- Cáceres, Juan-Pablo, e Chris Chafe. “JackTrip/SoundWIRE Meets Server Farm.” *Computer Music Journal*, No. 34, 2010, 29–34.
- Cáceres, Juan-Pablo, e Alain Renaud. “Playing the Network: The Use of Time Delays as Musical Devices.” *Proceedings of International Computer Music Conference*, São Francisco-CA, 2008, 244–50
- Carôt, Alexander, e Christian Werner. “Fundamentals and Principles of Musical Telepresence.” *Journal of Science and Technology of the Arts*, no. 1, 2009, 26–37.
- Carôt, Alexander; Rebelo Pedro; Renaud, Alain. “Networked music performance: state of the art”. Audio engineering society conference: *30th international conference: intelligent audio environments*, Saariselkä, Finlandia, 2007
- Carvalho, Marcelo Sávio Revoredo Menezes de. “A Trajetória Da Internet No Brasil: Do Surgimento Das Redes de Computadores À Instituição Dos Mecanismos de Governança.” Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Engenharia de Sistemas e Computação, Rio de Janeiro, 2006.

- Chafe C, Gurevich M, "Network time delay and ensemble accuracy: effects of latency, asymmetry". *117th audio engineering society convention. Audio Engineering Society*, São Francisco-CA, 2004
- Chafe C, Caceres J-P, Gurevich, M. "Effect of temporal separation on synchronization in rhythmic performance". *Perception* 39(7):982, 2010
- Cook, Mark. "Telematic Music: History and Development of the Medium and Current Technologies Related to Performance", Tese de Doutorado, College of Bowling Green State University. Ohio, USA,, 2015.
- Coradine, Luis Cláudius, Roberta Vilhena Lopes, e Andrieline Ferreira Maciel. "Mineração de Dados : Uma Introdução." *Journal of the Brazilian Neural Network Society*, 9, no. 3, 2011, 168–84.
- Drioli, Carlo, Claudio Allocchio, and Nicola Buso. "Networked Performances and Natural Interaction via LOLA: Low Latency High Quality A/V Streaming System." *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 7990 LNCS. 2013, 240–50.
- Drioli C, Allocchio C. "LOLA: a Low-Latency High Quality A/V Streaming System for Networked Performance and Interaction". *Colloqui Informatica Musicale*, Trieste, 2012
- Farner S, Solvang A, Sbo A, Svensson PU. "Ensemble hand-clapping experiments under the influence of delay and various acoustic environments". *Journal Audio Eng. Soc.* 57(12):1028–1041, 2009
- Franco, Augusto. "Palestra Viver em rede e viver na rede", Café Filosófico 2011 - TV Cultura, São Paulo, SP, 2011.
- Freeman, Jason. Interview: in, *Networked Music Review*. 2007. disponível em [http://turbulence.org/networked\\_music\\_review/2007/03/11/interview-jason-freeman](http://turbulence.org/networked_music_review/2007/03/11/interview-jason-freeman). Consultado em 10 de julho de 2016

- Gabrielli, Leonardo; Squartini, Stefano. "Wireless Networked Music Performance". Springer, Ancona, Itália, 2016
- Grove, G, e S Sadie. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Macmillan, London, 1995.
- Guerra, Anselmo, De Almeida, Rodrigo Peres, e Franco Furtado. "AMD - Ambiente Musical Distribuído – Performance Musical Interativa Na Internet." *Brazilian Symposium on Computer Music*, Campinas, 2003, 1–6.
- Gurevich, M, D Donohoe, e S Bertet. "Ambisonic Spatialization for Networked Music Performance." *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Budapest 2011.
- Hickmann, Felipe Copetti. "Territórios de Segredo--Jogo E Narrativa Na Performance de Música Em Rede." *IV Seminário Música Ciência Tecnologia: Fronteiras E Rupturas ECA/USP*, 289–95. São Paulo, 2012.
- Hickmann, Felipe Copetti; Rui Chaves. "A Window in Between: Mediation Strategies in Networked Sonic Arts." *A Journal of Audio Culture*, 2011, 1–13.
- Howard, Andrew, Bon Cheoi Goo, Faridah Noor, Mohd Noor, Dae Young Kim, e Kuala Lumpur. "Dancing Across Oceans: Barcelona (ES)-Salvador (BR)-Daejeon (KR) Chiang Mai (TH)." *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, Chiang Mai 2012, v. 33, pp. 1-14, 2012.
- Hugill, Andrew. "Internet Music: An Introduction." *Contemporary Music Review*, 24, no. 6, 2005, 429–37.
- Iazzetta, Fernando. "Entre a Pesquisa E a Criação: A Experiência Dentro Da Sonologia." *XXIV Congresso Da Associação Nacional de Pesquisa E Pós-Graduação Em Música*, São Paulo, 1–9., 2014.
- Iazzetta, Fernando. "Reflexões sobre a Música e o Meio". *XIII Encontro Anual da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música (ANPPOM)* . Belo Horizonte – MG, 2001, pp. 200–210.

- Kac, Eduardo. “Estética Das Telecomunicações.” Comunicação Na Era Pós-Moderna. Petrópolis-RJ, Vozes, 1997.
- Kane, Brian. “Aesthetic Problems of Net Music.” *Spark Festival of Electronic Music and Arts Proceedings*. Minneapolis: University of Minnesota, 2007.
- Kon, Fabio, e Fernando Iazzetta. “Internet Music: Dream or (Virtual) Reality?” V *Simpósio Brasileiro de Computação e Música*, 69–81. Belo Horizonte - MG, 1998.
- Kobayashi Y, Miyake Y. Analysis of network ensemble between humans with time lag. *SICE 2003 annual conference*, Fukui, Japan vol 1, 2003, pp 1069–1074.
- Lacerda, Pedro. “TeleCorpo: Mesa de Corte de Vídeo Para Redes de Computadores.” *Revista Eletrônica MAPA D2-Mapa E Programa de Artes Em Dança (E Performance) Digital 2*, no. 2 (2015): 272–85.
- Lago, Nelson Posse. “Processamento Distribuído de Audio Em Tempo Real.” Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática, *Dissertação de Mestrado*, 2004.
- Lago, Nelson e Fabio Kon. “The Quest for Low Latency.” *Proceedings of the International Computer Music Conference, Michigan*, 2004, 33–36.
- Lazzaro, John, e John Wawrzynek. “A Case for Network Musical Performance.” *Proceedings of the 11th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video.*, 157–66. New York, New York, USA: ACM Press, 2001.
- Lima, Maria Helena De; Keller, Damian; Pimenta, Marcelo Soares; Lazzarini, Victor; Costalonga, Leandro; Johann, Marcelo. “A Pesquisa Em Música Ubíqua E Educação.” *XXIV Congresso Da Associação Nacional de Pesquisa E Pós-Graduação Em Música*. São Paulo, 2014.
- Longo, Rafael; “Estudo e Avaliação da Utilização de Banco de Dados para o Armazenamento de Dados MIDI”, *Trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Ciência da Computação*, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2006.

- Medeiros, Julio César de Oliveira. "Princípios de Telecomunicações: Teoria E Prática". 2a edição. São Paulo: Érica, 2007.
- Melo, Erick Augusto G De, Alexander De A Pinto, Julio César, F Silva, Rennan Nunes Toscano, Andre Castelo Branco, e Elenilson Vieira Filho. "ARTHRON 1 . 0 : Uma Ferramenta Para Transmissão E Gerenciamento Remoto de Fluxos de Mídia." *XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores E Sistemas Distribuídos*, 1015–22. Porto Alegre, 2010.
- Miletto, Evandro Manara. "CODES: An Interactive Novice-Oriented Web-Based Environment for Cooperative Musical Prototyping," Thesis (Ph.D.) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Tese de Doutorado em Ciência da Computação*, 2009.
- Miletto, Evandro Manara, e Marcelo Soares Pimenta. "Rumo a Um Ambiente Para Composição Musical Coletiva Baseado Na Web." *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação Musical*, Campinas, SP, 2003
- Mizuno, Mikako. "Asian Network Music Performances with Jacktrip". *Proceedings Asian Computer Music Project, ACMP*, Taiwan, 2012.
- Morimoto, Carlos. "Redes, Guia Prático", 2a ed. São Paulo, GDH Press e Sul Editores, 2011.
- Moschovitis, P., e J. Christos. "History of the Internet: A Chronology, 1843 to the Present". Santa Barbara, California, ABC-CLIO, 1999.
- Needham, T. "Conference XP and Advanced Collaborative Scenarios." *Proceedings of International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*. Las Vegas, Nevada, USA, 2006.
- Neuhaus, Max. "Broadcast Works and Audium." *Arts and Media Conference*, Vienna, 1994. 21–23.
- Ogawa, A., K. Kobayashi, K. Sugiura, O. Nakamura, e J. Murai. "Design and Implementation of DV Based Video over RTP." *Proceedings of the Packet Video Workshop*, Sardinia, Italy, 2000.

- Oliveros, Pauline, Sarah Weaver, Mark Dresser, Jefferson Pitcher, Jonas Braasch, e Chris Chafe. "Telematic Music: Six Perspectives." *Leonardo Music Journal* 19, no. 1 2009, 95–96.
- Orto, C., e S. Karapetkov. "Music Performance and Instruction over High-Speed Networks." *Polycom - WhitePaper*. Pleasanton, CA, USA, 2008.
- Peters, Nils, Jonas Braasch, e Stephen McAdams. "Sound Spatialization across Disciplines Using Virtual Microphone Control (ViMiC)." *Journal of Interdisciplinary Music Studies* 5, no. 2 (2011): 167–90.
- Prado, Gilberto. "Arte Telemática, Dos Intercâmbios Pontuais Aos Ambientes Virtuais Multiusuário". São Paulo: Rumos Itaú Cultural Transmídia, 2003.
- Ramos, Fernando Lindner, Marcio De Oliveira Costa, Jônatas Manzolli. "Virtual Studio : Distributed Musical Instruments on the Web." *Brazilian Symposium on Computer Music*, Campinas, 2003, 1–8.
- Rebello, P, e Alain Renaud. "The Frequencyliator: Distributing Structures for Networked Laptop Improvisation." *Bliss*, 2006, 53–56.
- Rebello, Pedro. "Dramaturgy in the Network." *Contemporary Music Review* 28, no. 4–5, 2009, 387–93.
- Rebello, Pedro, e Rob King. "Anticipation in Networked Musical Performance." *Proceedings of the International Conference on Electronic Visualisation and the Arts*, Aveiro, Portugal, 2010, 31–36
- Reese, Gustave. "Music in the Renaissance". New York, New York, USA: W.W. Norton, 1959.
- Renaud, Alain, e Pedro Rebello. "Network Performance: Strategies and Applications." *NIME Conference Paper*, 1–5. Paris, 2006.
- Renaud, Alain e Melchior, Ben-Cooper. "10 Golden Rules of Networked Performance". manuscrito interno do grupo de pesquisa, MintLab Midia Interactions, 2014

- Sawchuk, a. a., E. Chew, R. Zimmermann, C. Papadopoulos, e C. Kyriakakis. "From Remote Media Immersion to Distributed Immersive Performance." *Proceedings of the ACM SIGMM Workshop on Experiential Telepresence* - New York, New York, USA, 2003, 1–11.
- Schaeffer, Pierre. "Ensaio sobre o rádio e o cinema: Estética e técnica das artes-relé 1941-1942". Tradução de Carlos Palombini. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010, pp. 26-79
- Schiavoni, Flavio Luiz, André Bianchi, e Marcelo Queiroz. "Ferramentas Livres Para Distribuição de Áudio Em Rede." *Revista Ciência Da Informação* 8, no. 2, 2014: 1–10.
- Schroeder, Franziska. "Dramaturgy as a Model for Geographically Displaced Collaborations: Views from Within and Views from Without 1" *Contemporary Music Review*, 28, no. 4, 2009: 377–85.
- Schuett, N., "The Effects of Latency on Ensemble Performance." *Undergraduate Thesis, Center for Computer Research in Music and Acoustics CCRMA, Stanford*, 2002
- Silva, Felipe André Florentino. "Música Telemática - Latência, Atitude Composicional E Presentidade." *IV Seminário Música Ciência Tecnologia: Fronteiras E Rupturas - ECA/USP*, São Paulo, 2012, 297–307
- Tanaka, Atau. "Interaction, Experience and the Future of Music". *Consuming Music Together*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2006, pp. 267–288.
- Tomiyoshi, Marcio. "Performances Musicais Distribuídas Através de Internet Residencial", *Dissertação de Mestrado*, USP, Instituto de Matemática 2013
- Ueda, Leo Kazuhiro, and Fabio Kon. "Andante: A Mobile Musical Agents Infrastructure." *Brazilian Symposium on Computer Music*, 1–8. Campinas, 2003.

Vicente, Carlos Fadon, Tele-Presença-Ausência, *Revista Trilhas*, Instituto de Artes, Unicamp, vol.06, 1997 – pp. 47-55

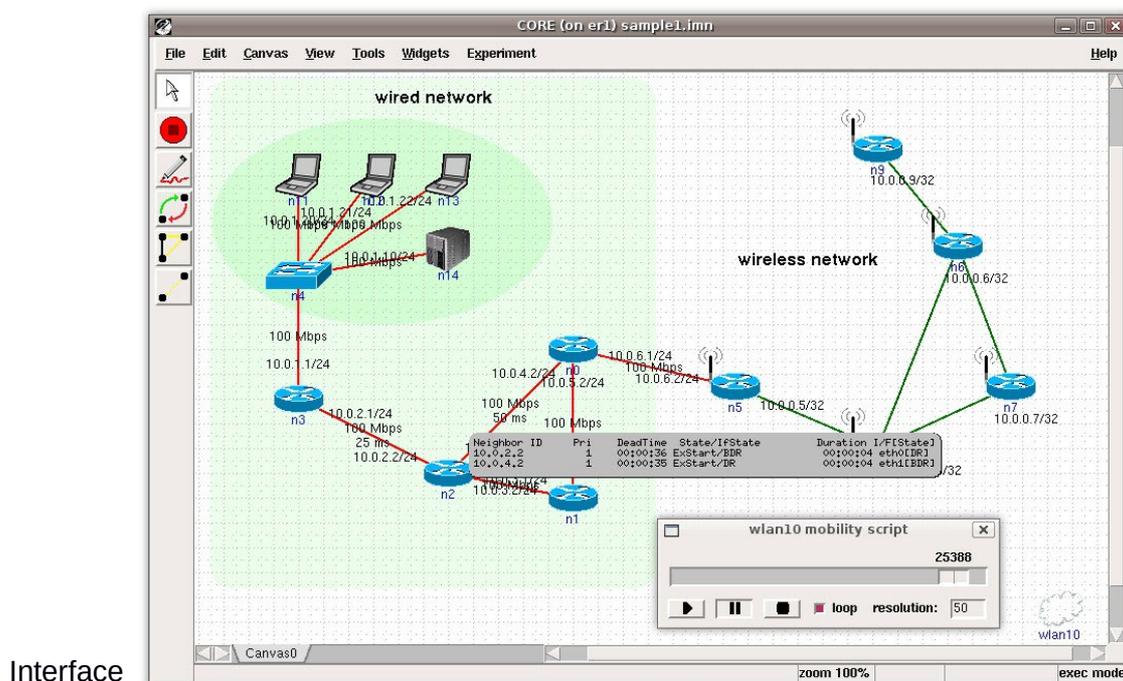
Wright, M. “Open Sound Control: an enabling technology for musical networking”  
*Organised Sound*, Volume 10, Issue 3, 2005, pp. 193– 200.

## ANEXOS

### MINERAÇÃO DE DADOS

Na sessão 1.3 destacamos a obra *Packet Loss* (2010) de Rob King e Pierre Proske, que compreende dois pianos conectados através da Internet. Um deles apresenta um improvisador ao vivo, enquanto o outro, um *Yamaha Disklavier*, responde automaticamente a alguns pacotes enviados pela Internet. Como disse anteriormente, os cientistas de computador chamariam esse processo de "mineração de dados". A seguir descreverei um processo de mineração de dados que poderia ter sido usado nessa obra.

Uma das possibilidades de se fazer isso, seria usando o emulador de rede CORE<sup>39</sup>, *Common Open Research Emulator* (CORE), que é uma ferramenta para simulação de redes em uma ou mais máquinas. Você pode conectar estas redes emuladas ao vivo, e simular todo o tráfego resultante delas, inclusive simular as perdas de pacotes.



Interface

do usuário do emulador de redes CORE

39 - Confira detalhes da instalação no site, acessado em 14/08/2016 - <http://www.nrl.navy.mil/itd/ncs/products/core>

O núcleo dessa ferramenta é constituído por uma interface gráfica para desenho de topologias de máquinas virtuais e módulos Python para emulação de scripts de rede. Essa ferramenta pode ser um poderoso auxiliar para compositores interessados na Música em Rede.

## CHECKLIST PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Para finalizar, compartilho algumas considerações fundamentais para o aspirante a músico telemático, um *checklist* criado pelo pesquisador Mark Cook, (Cook, 2015, p.65-67) na solução de problemas relacionados a hardware e software. Lembrando que os testes de rede devem ser feitos ao menos 2 vezes antes da apresentação.

### ***Checklist para solução de problemas de Hardware***

- 1. Confirme que é um problema de hardware*
- 2. Verifique todas as conexões de cabos e confirme que estão apertadas corretamente.*
- 3. Verifique todas as configurações de mixagem e efeito para confirmar que eles são precisos.*
- 4. Certifique-se sem recorte está ocorrendo devido à incorrecta equilibrada áudio.*
- 5. Desligue tudo e reconecte os cabos, começando com os problemas mais prováveis.*
- 6. Substitua componentes individuais um a um para encontrar o que não está funcionando corretamente.*

### ***Checklist para solução de problemas de Software***

- 1. Confirme que cada software é compatível com todos os outros aplicativos que estão sendo utilizados, bem como o sistema operacional.*
- 2. Verifique se todos os software foram lançado de forma adequada e estão funcionando.*
- 3. Verifique todas as configurações do software relacionadas com o problema.*
- 4. Verifique se há programas outros programas abertos que interferem com qualquer hardware em uso.*

<b>O som não está chegando em:</b>	<b>Passos básicos para solução de problemas em Áudio</b>
Interface de Áudio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique o cabo para confirmar que ele está conectado de forma segura.</li> <li>2. Verifique se o sinal de áudio está sendo recebido pelo mostrador visual da interface de áudio, normalmente uma luz verde ou vermelho, mostra que o microfone está sendo recebido.</li> <li>3. Aumente o ganho até que a luz indique que o sinal foi recebido e você consiga ouvi-lo.</li> </ol>
Mixer – Mesa de som	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique o cabo para confirmar que ele está conectado de forma segura.</li> <li>2. Confirme visualmente que o sinal está sendo recebido (luz indicadora).</li> <li>3. Aumente o ganho até o sinal ser ouvido.</li> </ol>
Computador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique o cabo para confirmar que ele está firmemente conectado.</li> <li>2. Olhe para a representação visual do som na tela. Este será diferente para diferentes programas.</li> <li>3. Confirme que a interface de áudio está selecionada na configurações do programa para entrada de microfone.</li> </ol>
Local Remoto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confirme se o sinal está sendo enviado. Se não estiver, repita passos listados acima.</li> <li>2. Verifique se o sinal está sendo recebido.</li> <li>3. Mude o ganho no áudio que está sendo enviado para aumentar a quantidade de som e verificar se está chegando.</li> </ol>

<b>O video não está chegando em:</b>	<b>Passos básicos para solução de problemas em vídeo</b>
Computador	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirme que o cabo que liga a camera está conectado corretamente.</li><li>2. Verifique se o programa em uso tem a câmara selecionada como a fonte de vídeo.</li></ol>
Local Remoto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirme que o vídeo está sendo enviado.</li><li>2. Desligue e volte a ligar, e confirme que o vídeo está sendo enviado.</li><li>3. Reinicie o programa e repita os passos 1 e 2.</li><li>4. Reinicie o computador e repita os passos 1 e 2.</li></ol>

<b>Problemas de qualidade</b>	<b>Passos básicos para solução de problemas</b>
Áudio está distorcido	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirme as configurações de áudio. Áudio comprimido de qualquer tipo pode causar distorção.</li><li>2. Verifique se você não está enviando áudio clipado (sem luzes vermelhas no mostrador visual da placa)</li><li>3. Confirme que a largura de banda é rápido o suficiente para transmitir dados suficientes para evitar distorções.</li><li>4. Reinicie o programa.</li><li>5. Reinicie o computador</li></ol>
Vídeo está lento ou travado,	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirme se a compressão e resolução de vídeo é adequada, em todos os locais envolvidos.</li><li>2. Verifique se existe largura de banda suficiente para a resolução de vídeo em uso. Se não houver suficiente, deve-se comprimir mais o vídeo ou reduzir a resolução.</li><li>3. Reinicie o programa.</li><li>4. Reinicie o computador.</li></ol>