

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes

MERLIA HELEN FAUSTINO DA SILVA

**ENSINO E PERFORMANCE MUSICAL EM REDE:
SOLUÇÕES OPEN SOURCE PARA A PRÁTICA INSTRUMENTAL E VOCAL
REMOTOS**

João Pessoa
Junho / 2023

Merlia Helen Faustino da Silva

Ensino e performance musical em rede: soluções Open Source para a prática instrumental e vocal remotos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes (PPGCCA) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Magno e Silva Ferreira
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Coelho Freire Batista

João Pessoa
Junho / 2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586e Silva, Merlia Helen Faustino da.

Ensino e performance musical em rede : soluções open source para a prática instrumental e vocal remotos / Merlia Helen Faustino da Silva. - João Pessoa, 2023. 83 f. : il.

Orientação: Alexandre Magno e Silva Ferreira.

Coorientação: Carlos Eduardo Coelho Freire Batista. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI.

1. Arte computacional. 2. Música em rede. 3. Performance musical. 4. Ensino de música. 5. JackTrip. I. Ferreira, Alexandre Magno e Silva. II. Batista, Carlos Eduardo Coelho Freire. III. Título.

UFPB/BC

CDU 7:004(043)



Universidade Federal da Paraíba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, COMUNICAÇÃO

E ARTES

ATA Nº 1

Aos quatorze dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e três, às 02h00min, no Sala de Videoconferência - Centro de Informática, instalou-se a banca examinadora de dissertação de Mestrado da aluna MERLIA HELEN FAUSTINO DA SILVA. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr. CLEISSON DE CASTRO MELO, UFCG, examinador externo à instituição, Dr. CARLOS EDUARDO COELHO FREIRE BATISTA, UFPB, examinador interno, Dr. ALEXANDRE MAGNO E SILVA FERREIRA, UFPB, presidente. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor Dr. CARLOS EDUARDO COELHO FREIRE BATISTA, coordenador do Programa, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, passou a presidência dos trabalhos ao professor Dr. ALEXANDRE MAGNO E SILVA FERREIRA, que de imediato solicitou a candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada ENSINO E PERFORMANCE MUSICAL EM REDE: SOLUÇÕES OPEN SOURCE PARA A PRÁTICA INSTRUMENTAL E VOCAL REMOTOS, marcando um tempo de 30 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o professor Dr. ALEXANDRE MAGNO E SILVA FERREIRA, presidente, passou a palavra ao professor Dr. CLEISSON DE CASTRO MELO, para arguir a candidata, e, em seguida, ao professor Dr. CARLOS EDUARDO COELHO FREIRE BATISTA; após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido aprovada a candidata, conforme as normas vigentes na Universidade Federal da Paraíba. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 60 dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora. A candidata não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Documento assinado digitalmente



CLEISSON DE CASTRO MELO
Data: 19/07/2023 20:10:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. CLEISSON DE CASTRO MELO, UFCG

Examinador Externo à Instituição

Dr. CARLOS EDUARDO COELHO FREIRE BATISTA, UFPB

Examinador Interno

Dr. ALEXANDRE MAGNO E SILVA FERREIRA, UFPB

Presidente

MERLIA HELEN FAUSTINO DA SILVA

Mestrando

Dedico essa Dissertação de Mestrado a minha filha Camila, por ter sido ela a fonte de inspiração e perseverança para que eu chegasse ao final desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de buscar a este título tão importante para minha realização pessoal e profissional, pondo em meu caminho pessoas e profissionais maravilhosos, e realçando os laços com os quais sei que posso contar.

Agradeço ao PPGCCA – UFPB por ter me proporcionado tantos professores excelentes, em especial meu orientador Alexandre Magno e Silva Ferreira, que se mostrou um profissional de trajetória irretocável, sem abrir mão de ser um ser humano incentivador de pessoas, presente e mão amiga nos meus momentos de força e de fraqueza. Obrigada, professor, eu não teria conseguido sem o senhor.

Agradeço aos professores Carlos Eduardo Coelho Freire Batista, Valdecir Becker e Guido Lemos, por terem sido excelentes em suas didáticas, conseguindo cada um, transmitir os conhecimentos para que eu pudesse estar aqui, mesmo vinda de uma área aparentemente tão distante da Computação, como a Música.

Agradeço ao meu esposo Caio de Sá pelo incentivo e auxílio nos momentos mais pesados da caminhada.

Agradeço a minha mãe, Maria da Guia, por exercer sempre o papel de exemplo do quanto só o estudo pode nos dar uma vida melhor.

Agradeço a minha irmã, Nayara, pelo apoio, ajuda e disponibilidade em tantos momentos para que eu conseguisse estudar.

Agradeço aos amigos músicos Jequélia Santana, Donately Costa e Aercton Silva que estiveram comigo desde o início do trabalho. Foi através de sua paciência e disponibilidade que pude aprender a manipular os *softwares* necessários para a pesquisa, muito obrigada!

Agradeço imensamente aos demais colegas músicos e professores de música que aceitaram participar desta pesquisa. Lembrarei de todos com carinho e gratidão.

“Portanto, meus amados irmãos, mantenham-se firmes, e que nada os abale. Sejam sempre dedicados à obra do Senhor, pois vocês sabem que, no Senhor, o trabalho de vocês não será inútil.”

1 Coríntios 15:57-58

RESUMO

O conhecimento, desenvolvimento e utilização de ferramentas tecnológicas como suporte para atividades de performance e ensino musicais mostram-se cada vez mais necessários, tanto para a otimização dos processos de preparação performáticos, quanto para a ampliação e democratização geográfica do ensino de música. Neste trabalho abordaremos as possibilidades da música em rede no ensino e performances musicais, apresentando como soluções gratuitas os softwares *Jack* e *JackTrip*. No desenvolvimento do artefato seguindo a metodologia DSR, foi realizado um levantamento sistemático da literatura sobre música em rede e o uso do *JackTrip*, com o qual pudemos identificar as classes de problemas e como a criação do artefato seria relevante para a comunidade envolvida. Para validarmos o artefato, realizamos a instrução e testes práticos das ferramentas *Jack* e *JackTrip* com músicos e professores de música geograficamente distribuídos, tendo como servidor principal uma rede doméstica de 100MB. Com a comunicação em tempo real, é possível ao professor tocar exercícios e ouvir ao aluno de forma síncrona, realizar ensaios coletivos entre vozes e instrumentos e ter a percepção real do som realizado pelo aluno quanto a dinâmicas e outros pontos de performance.

Palavras-chave: Música em rede. Computação. *JACK*. *JackTrip*. Performance musical. Ensino de música.

ABSTRACT

The knowledge, development and use of technological tools as a support for musical performance and teaching activities are increasingly necessary, both for the optimization of performance preparation processes and for the geographic expansion and democratization of music teaching. In this work we will address the possibilities of networked music in teaching and musical performances, presenting Jack and JackTrip software as free solutions. In the development of the artifact following the DSR methodology, a systematic survey of the literature on network music and the use of JackTrip was carried out, with which we were able to identify the classes of problems and how the creation of the artifact would be relevant to the community involved. In order to validate the artifact, we carried out instruction and practical tests of the Jack and JackTrip tools with geographically distributed musicians and music teachers, having a 100MB home network as the main server. With real-time communication, it is possible for the teacher to play exercises and listen to the student synchronously, perform collective rehearsals between voices and instruments and have a real perception of the sound made by the student in terms of dynamics and other points of performance.

Keywords: Network music. Computing. JACK. Jacktrip. Music performance. Music teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1 - Fluxograma do procedimento metodológico em DSR, proposto por Peffers. *et al.*..... 27

Capítulo 3

Figura 2 - Cabeçalho UDP.....45

Figura 3 – Janela do rtcqs49

Capítulo 4

Figura 4 - Janela inicial do *Jack*.....56

Figura 5 - *Setup* do *Jack*.....57

Capítulo 2

Figura 6 - *Jack* ligado antes de clicar no *Play* Azul58

Figura 7 – *Jack* Interface *JackTrip* aberta58

Figura 8 - Parâmetros sugeridos para as “*Advanced Options*”59

Figura 9 - *JackTrip* via terminal, usuário Cliente.....60

Apêndice B

Figura 10 - Componentes presentes na palestra de recrutamento.....87

Figura 11 - Banner do VII Encontro de Trombonistas da Paraíba.....87

Figura 12 - Diretrizes para a instalação e configuração básica do *Jack* e *JackTrip*.....88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos artefatos segundo a DSR.....	26
Tabela 2 – Resultados dos testes no modo P2P.....	59
Tabela 3 – Resultados dos testes no modo HUB.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JACK	Jack Audio Connection Kit
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
MA	Maranhão
PR	Paraná
MB	Mega Bytes
P2P	Peer to peer
Km	Quilômetros
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
NMP	Network Music Performances
PPGCCA	Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes
DSR	Design Science Research
EAD	Ensino à distância
CCM	Center for Contemporary Music
SDN	Software Defined Network
EPT	Ensemble Performance Threshold
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
APIs	Application Programming Interface
ALSA	Advanced Linux Sound Architecture
SounsWIRE	Sound Waves on the Internet from Real-time Echoes
CCRMA	Center for Computer Research in Music and Acoustics

UDP	User Datagram Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol
DDR	Double Data Rate
HD	Hard Disk
DAW	Digital Audio Workstation
RAM	Random Access Memory
RT	Real Time
CPU	Central Processing Unit
PING	Packet Internet Network Groper
DNS	Domain Name System
MSI	Multipoint Sequential Injection
WI-FI	Wireless Fidelity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Justificativa	21
1.2 Objetivos	24
1.3 Procedimentos metodológicos	24
1.4 A recolha de dados e a teoria do aprendizado significativo de Ausubel	30
1.5 Organização do trabalho	31
2 FUNDAMENTAÇÃO	33
2.1 Música em rede	33
2.2 Usabilidade e desafios comuns na prática da música em rede	35
2.3 Características necessárias às ferramentas de NMP para o controle possível da latência de rede	37
2.4 A performance da música em rede	39
3 APRESENTANDO AS FERRAMENTAS E OS TERMOS	40
3.1 <i>Jack audio connection</i> e <i>JackTrip</i>	40
3.2 <i>Port forwarding</i> e protocolos TCP/UDP	43
3.3 Otimizando o sistema	45
4 CLASSES DE PROBLEMA	50
4.1 Identificação do problema	50
4.2 Definição dos objetivos da solução	51
4.3 Projeto e desenvolvimento	51
4.4 Demonstração	53
4.4.1 Sobre o recurso de vídeo	54
4.4.2 Dos testes	54
4.5 Avaliação	65
4.6 Comunicação	67
4.6.1 Validação por profissionais	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICE A – Coleta de dados via formulário Google	79
APÊNDICE B – Palestra de recrutamento para os teste com JackTrip, no VII Encontro de Trombonistas da Paraíba	88
APÊNDICE C – Diretrizes para a instalação e configuração básica do <i>Jack</i> e <i>JackTrip</i>	89

1 INTRODUÇÃO

A aula individual e a prática em conjunto na área de música, tanto no ambiente acadêmico quanto nos espaços formais e informais de educação musical, são atividades importantes na formação dos músicos. O canto coral, por exemplo, é, para professores, alunos e regentes, uma atividade que resgata repertórios clássicos com técnicas vocais, gestuais e estéticas específicas de cada época, ajudando a compreender a evolução e contribuindo com a produção musical contemporânea, sendo também uma ferramenta para o estabelecimento de relações socioculturais por meio da valorização da participação individual na busca de objetivos comuns de realização pessoal e grupal (AMATO, 2007, p. 80).

Durante o início do período de isolamento social provocado pela pandemia de Covid- 19, vivido sobremaneira nos anos 2020/2021, em contato com diversos profissionais de performance e ensino musicais, foi possível observar quais as principais dificuldades operacionais que surgiram na transição das aulas presenciais para a modalidade remota, e o quanto alguns aspectos musicais passaram a ser difíceis de serem transmitidos com excelência, em grande parte, por inadequação tecnológica.

Esta foi principal inspiração para o desenvolvimento desta pesquisa, perceber o quanto o desconhecimento de ferramentas computacionais propícias para a comunicação musical síncrona à distância ou a resistência e/ou dificuldade por parte dos profissionais da música na manipulação destas, foi e continua sendo um fator que prejudicou a condução do trabalho musical na situação de isolamento social.

Somado às dificuldades no âmbito do ensino musical, a área da performance sofreu um impacto devastador com o cancelamento de eventos, impossibilidade na realização satisfatória de ensaios grupais, instrumentais e vocais, majoritariamente provocados pela inadequação das ferramentas tecnológicas utilizadas, quanto ao atraso de rede e a qualidade da transmissão do áudio. Os profissionais do *Show Business*, maestros e concertistas foram, sem dúvidas, as categorias mais prejudicadas com as atividades online.

Durante a transição das atividades presenciais para a modalidade remota, problemas como o atraso de rede, queda dos sinais de internet, má captação nos microfones dos dispositivos

móveis e perda da sensibilidade quanto às dinâmicas¹ passaram a ser queixa comum entre professores, regentes e cantores/instrumentistas. Diante dessa situação, perguntas essenciais passaram a ser feitas, tais como: Existem ferramentas que permitam a execução da música em rede? Existindo, haveria alternativas gratuitas dentre elas? Funcionam em mais de um sistema operacional? São difíceis de operar? Por que não se tem amplo conhecimento sobre a existência delas?

Na busca de soluções para tantos questionamentos, chegamos à ferramenta *JackTrip*, cujo funcionamento se dá através do servidor *JACK Audio Connection Kit*, com interface de monitoramento dos fluxos de áudio *Qjackctl* (SILVA, 2016, p. 1081/5). Ambos são gratuitos, funcionam nos sistemas mais populares, Linux, Windows e MacOs, possuindo todos, interface gráfica para o *JackTrip*. No sistema Linux, a operação pode ser realizada pela interface gráfica do *JackTrip* ou via terminal.

Com a adequação das ferramentas aos objetivos traçados para solucionar os problemas práticos enfrentados pelos músicos, foram realizados diversos testes, em número superior aos formulários respondidos. O primeiro teste realizado teve servidor e cliente separados por 126,4 Km, correspondente à distância entre Campina Grande (PB) e João Pessoa (PB), e não consta nas respostas do formulário final por ter sido realizado entre orientador e orientada. Nos demais testes, houve mais uma transmissão entre Campina Grande (PB) e João Pessoa (PB), seguida de transmissões a 320,4 Km, entre Pesqueira (PE) e João Pessoa (PB), 1.577,0 Km entre São Luís (MA) e João Pessoa (PB), 35 Km entre Campina Grande (PB) e Remígio (PB), 3.031.8 Km entre Campina Grande (PB) e Curitiba (PR) e quatro transmissões entre bairros distintos de Campina Grande (PB).

As redes que atuaram como servidoras no *JackTrip* foram a rede acadêmica da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, e a rede doméstica da orientada, em velocidade média de 100MB, distribuída localmente no Bairro Ramadinha, periferia de Campina Grande (PB). As redes que atuaram como clientes *JackTrip*, participaram via rede doméstica.

Os resultados de ponta a ponta (P2P) foram, em maioria, bem-sucedidos quanto à sincronia, proporcionando a comunicação e a execução de trechos musicais entre os participantes

¹ Dinâmica, em música, se refere às alterações de intensidade do som.

em tempo real. Os dois testes realizados entre Campina Grande e Curitiba foram o de maior distância verificada durante esta pesquisa, apresentaram problemas de sincronia durante os dois dias de tentativas, porém, os eventos ocorreram durante um período de inconsistência na rede servidora, trazendo a necessidade de nova tentativa.

As comunicações em grupo (Hub) foram realizadas de forma animadora, com número maior de participantes que executaram trechos instrumentais ou cantaram peças corais com divisão de vozes. Os participantes, por terem amplo desenvolvimento perceptivo, conseguiram guiar-se pelo som durante as comunicações, e o mais importante, conseguiram fazer música.

Com o embasamento proporcionado pela construção do referencial teórico pesquisado, somado aos testes realizados ao longo de 2022 e 2023, foi possível confirmarmos que com a elaboração de um material pontual, contendo o passo a passo desde a instalação do *Qjackctl* e do *JackTrip* nos sistemas *Linux*, *Windows* e *MacOs*, às sugestões de configurações básicas para o uso, é possível instruir profissionais da música a instalar, configurar e experimentar o fazer musical em rede.

A familiaridade com esse tipo de tecnologia por parte de professores de música e regentes, transformaria a prática da música em rede em um valioso recurso pedagógico capaz de estimular a democratização do ensino e performance musicais a partir da elaboração de programas híbridos de ensino (à distância e remoto), que abrangeriam um grande número de pessoas sem condições de deslocar-se aos polos presenciais de ensino formal de música.

Praticar o fazer musical com as ferramentas que apresentamos, também despertaria a consciência para o uso de softwares e ferramentas *Open Source*. Tal mudança de hábito faria com que as entidades públicas, por exemplo, pudessem fazer escolhas mais rentáveis na montagem de ambientes específicos para o trabalho remoto, ajudando a combater a “cultura” da pirataria de *softwares*, *plugins* e sistemas operacionais. Devemos lembrar que embora o exemplo esteja voltado às entidades públicas, combater a pirataria é um dever de todos.

1.1 Justificativa

Ao longo da trajetória como estudante e posteriormente professora de música, a possibilidade do ensino de música à distância, remoto e híbrido sempre me provocou curiosidade e uma série de reflexões. Com os avanços tecnológicos que temos atualmente, não conseguia

compreender qual o sentido de um músico ter que deslocar-se mais de 100Km de distância para ter acesso a uma formação, por exemplo, dificultando o acesso sobremaneira aos que precisam de outro trabalho para complementação de renda, às mulheres mães e a todos sem renda suficiente para custear o transporte e estadia em outra cidade.

Ao ingressar na Licenciatura em Música da Universidade Federal da Paraíba em 2007, esta era a única opção de formação musical acadêmica, situada na cidade de João Pessoa, o que excluía ou dificultava bastante o acesso de pessoas do restante do estado da Paraíba. Em 2009, com a abertura do curso de música na Universidade Federal de Campina Grande, houve o ingresso no curso de música da UFCG, mas a inquietação com o formato presencial total fornecido por ambas as instituições persistia, visto que tantas disciplinas essencialmente teóricas poderiam ser cursadas à distância, sem prejuízo ao conteúdo, possibilitando aos estudantes maior possibilidade de organização entre as rotinas laboral e estudantil.

Anos após a conclusão do bacharelado em música, houve a primeira experiência como aluna de mestrado de um programa de música em outro estado. Nesta instituição, devido a um problema de saúde importante no último semestre que impossibilitou as viagens de deslocamento, faltando apenas três meses para a conclusão do curso e com a pesquisa devidamente qualificada, precisei abandonar os estudos por não ter a possibilidade de seguir com as orientações à distância, mesmo não havendo nenhuma atividade prática a ser realizada.

Durante a atuação profissional, a primeira oportunidade de experimentar na prática o ensino musical remoto foi no ano de 2018, durante a paralisação nacional que ficou conhecida como greve dos caminhoneiros, no mandato do então presidente, Michel Temer. Como foi uma ocasião completamente inesperada, as aulas de canto seguiram de forma remota utilizando a ferramenta *Skype*. A partir dessa experiência foi observado na prática os efeitos do atraso de rede, perda de qualidade de áudio, inconsistência da velocidade de transmissão e da necessidade, naquela ocasião, de desenvolver material pré-gravado para tornar as aulas minimamente funcionais.

Nesse momento deu-se início à procura por outras impressões sobre o ensino musical à distância, para compreender as aulas que estavam sendo realizadas e para saber se não havia nada a ser feito para melhorar a experiências das aulas remotas. Aqui vimos a expressão *Network Music Performance* (NMP), que pela forma e linguagem de apresentação, parecia ser algo completamente distante da realidade brasileira.

Apesar da consciência de que a tecnologia e o uso das ferramentas computacionais seriam um dia respostas concretas à democratização do saber musical, foi no período de isolamento social ocasionado pela pandemia de Covid-19, que durou no Brasil entre março de 2020 e meados de 2023, que músicos e professores de música viram-se inclinados a experimentar de alguma forma, ferramentas computacionais para a realização possível de seus trabalhos.

Por falta de habilidade computacional, uso de ferramentas inapropriadas, desconhecimento das ferramentas adequadas, e claro, a ausência de tempo hábil para qualquer formação ou treinamento para a nova modalidade laboral, muitos profissionais da música tiveram dificuldades em adaptar suas atividades de performance e aula, comprometendo o aproveitamento das que exigiam prática em conjunto de forma síncrona.

Queixas quanto às condições de trabalho começaram a surgir e puderam ser compartilhadas entre os profissionais da área. O Fórum Brasileiro de Ópera, Dança e Música de Concerto, criado em 2020, foi um canal importante de comunicação entre os artistas durante a pandemia. Em 2021, a fundação da Associação Brasileira de Professores de Canto – PROCANTO trouxe discussões e rico intercâmbio de informações sobre as condições de trabalho dos professores de canto, regentes de coros e das ferramentas utilizadas para melhorar o trabalho remoto desses profissionais. Atraso do áudio, atraso da imagem, oscilações na qualidade de transmissão do áudio, dificuldade técnica em utilizar as ferramentas computacionais, quedas no sinal de internet e a impossibilidade de trabalhar com grupos foram os problemas relatados com mais frequência.

Observando o problema em comum entre colegas de profissão e compreendendo que muitos destes profissionais não tiveram tempo hábil para pesquisar e aprender a usar ferramentas computacionais consideradas novas ao seu cotidiano laboral, sentimos a necessidade de encontrar uma ferramenta que proporcionasse a velocidade e qualidade na transmissão de áudio promovidos pela música em rede, em um contexto que abarcaria além da performance, o ensino de música.

Compreendemos que identificar e discorrer sobre uma ferramenta já existente e gratuita não traria mudanças importantes na realidade do trabalho dos profissionais acima descritos. Foi necessário estimulá-los a conhecê-la, elaborar um tutorial de fácil entendimento, execução e replicação, testar as possibilidades do uso não somente nas redes acadêmicas, mas também nas redes domésticas com características de *hardware* e *softwares* próximas às encontradas na realidade dos músicos e professores de música.

Não menos importante que todas as etapas na construção desse trabalho, a possibilidade de fazer arte com as ferramentas por nós apresentadas atende à interdisciplinaridade proposta pela linha de pesquisa em arte computacional, do PPGCCA - UFPB.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é conhecer as possibilidades da música em rede nas esferas da performance e ensino de música, através das ferramentas *Open Source Jack* e *JackTrip*, nas características operacionais e de rede que temos disponíveis no Brasil, utilizando a teoria do aprendizado significativo de David Ausubel como facilitador da transmissão do conhecimento sobre as ferramentas. Pretendemos encerrar a pesquisa com a aplicação prática das ferramentas *Jack* e *JackTrip*, onde músicos profissionais participantes da pesquisa, farão performances, experimentando o fazer da arte computacional, através da música em rede.

De forma específica, buscaremos:

- a) Investigar as possibilidades de trabalho musicais através das ferramentas *Open Source Jack* e *JackTrip*, nas características operacionais e de rede que temos disponíveis no Brasil.
- b) Identificar as alternativas e limites de aprimoramento de *Hardware* e *Software* para o melhor funcionamento das ferramentas nos sistemas operacionais *Linux*, *Windows* e *MacOS*.
- c) Conhecer o perfil operacional dos músicos e professores de música, da instalação às impressões quanto à usabilidade.
- d) Identificar na teoria do aprendizado significativo de David Ausubel, uma maneira eficaz na transmissão do conhecimento sobre a música em rede e as ferramentas computacionais propostas, *Jack* e *JackTrip*.
- e) Construir junto aos profissionais participantes da pesquisa que se interessarem, uma demonstração performática de arte computacional, utilizando as ferramentas *Jack* e *JackTrip*.

1.3 Procedimentos metodológicos

A característica qualitativa da pesquisa se apresenta por esta ter seus significados extraídos dos dados e não ser fundamentada apenas na estatística (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). O processo de pesquisa utilizado foi o abdução, por tratar-se do

desenvolvimento de um artefato que permita soluções satisfatórias aos problemas práticos apresentados.

O método de pesquisa escolhido foi o *Design Science Research* (DSR), abordagem que busca a construção de um artefato para solucionar problemas práticos comuns a um grupo de usuários, da maneira metódica, racional e sistematicamente replicável. Ao optar pelo *Design Science Research*, nos propomos a desenvolver um trabalho no âmbito da Abdução, pois haverá a apresentação de uma solução que resolverá um problema. Alpa (2022) diz que “o raciocínio abduutivo não resulta em verdades absolutas que são inquestionáveis, buscando novas ideias e conhecimentos que possam validar algo”. Entendemos que o artefato proposto pode não ser considerado futuramente como a melhor solução, de forma unânime, para nosso problema, mas inquestionavelmente ele foi construído com os dados reais disponíveis e é funcional.

A DSR não é uma pesquisa de essência teórica. Embora ela vise melhorar e facilitar uma situação futura, essa ação será feita através do desenvolvimento de um artefato que deverá ser validado através da prática, com testes internos ou com usuários externos.

Embora a observação para identificação e explicação de um problema do presente ou do passado aproxime a DSR das características do método de pesquisa das ciências sociais, quando nos propomos a fazer uma mudança no padrão identificado, não conseguimos nos manter coerentes a ele, sendo necessária outra abordagem, no nosso caso, a *Design Science Research*. Neste ponto, é necessário compreendermos o significado do termo artefato na DSR. Artefato é a solução prática proposta pelo DSR, que deve ser inédito no sentido de proporcionar conhecimentos novos que podem trazer à luz, novos artefatos. Trata-se de solução prática para um problema prático, e assim sendo, o desenvolvimento de métodos, algoritmos, diretrizes, protótipos ou performances artísticas podem ser construídas nos moldes e apresentadas como artefatos em uma pesquisa.

No Livro *Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia* (DRESCH, LACERDA, JÚNIOR, 2014), os autores classificam os artefatos em quatro tipos, que veremos a seguir, resumidamente definidos:

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DOS ARTEFATOS SEGUNDO A DSR

Constructo	Artefato que apresenta a formulação de um conceito, termo ou notação.
Modelo	Artefato que traz um modelo a ser seguido para a solução de um problema, e que pode servir de base para o desenvolvimento de outros artefatos.
Método	Artefato que apresenta a organização de procedimentos e diretrizes de como resolver um problema prático.
Instanciação	Artefato que apresenta um sistema de trabalho que pode ser usado na prática.

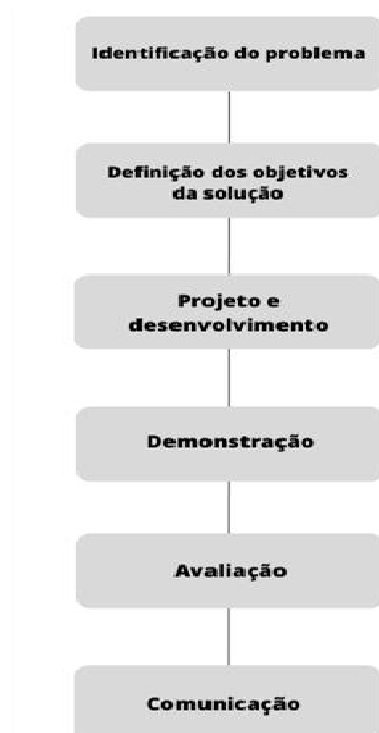
Fonte: A autora da pesquisa

Compreendidas as possibilidades de artefato a ser desenvolvido ao longo da pesquisa, o procedimento metodológico a ser aplicado no trabalho será alinhado ao método proposto por Peffers (2007), durante a apresentação das diretrizes do *Design Science*, na Universidade de Nevada, Las Vegas. No artigo *A design science research methodology for information systems research*, Peffers² et al., desenvolvem um fluxograma com as etapas de condução de uma pesquisa em DSR, que foi seguido durante o desenvolvimento deste trabalho.

A seguir temos uma demonstração reduzida e traduzida do fluxograma desenvolvido por Peffers et al., p.54, do artigo citado acima.

² PEFFERS, K. et al. *A design science research methodology for information systems research*. *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO METODOLÓGICO EM DSR, PROPOSTO POR PEFFERS. ET AL



Fonte: *A design science research methodology for information systems research*, Peffers et al., p.54.

A construção do trabalho seguiu as etapas demonstradas na figura acima. Durante a identificação do problema, é necessário que haja a evidenciação da situação problema e os principais pontos de interação entre o artefato possível e o público interessado. Esta etapa foi realizada a partir das impressões sobre experiência pessoal como professora de música e regente coral no período de isolamento social, compartilhadas com outros colegas de profissão.

Desta maneira, como proposta de artefato, temos a elaboração de diretrizes que farão com que o público de músicos e professores de música, independente de seus níveis de habilidade na manipulação de ferramentas computacionais, consigam utilizar ferramentas específicas de música em rede para aplicar em aulas, ensaios ou performances à distância.

Quando adentrarmos a etapa de definição dos objetivos da solução, devemos definir o que desejamos alcançar com o desenvolvimento do nosso artefato, explicitando as premissas e os

requisitos para sua construção. Definidos tais objetivos, seguimos registrando todo o processo de desenvolvimento.

Um dos objetivos diferenciais do projeto era fazer com que o artefato a ser desenvolvido fosse constituído de ferramentas *Open Source*, que funcionasse nos sistemas operacionais mais populares e com os quais fosse possível elaborar diretrizes e tutoriais de fácil compreensão, possibilitando que profissionais da música pudessem operá-las independente experiência na manipulação de ferramentas computacionais.

Ao elegermos o *Jack* e *JackTrip* como as ferramentas para o desenvolvimento do artefato, ficamos prestes a apresentar ao público profissional, ferramentas desenvolvidas especificamente para atividades musicais e que podem ser utilizadas como recursos pedagógicos e de performance.

Na etapa de projeto e desenvolvimento, foi necessário justificar a escolha das ferramentas para o desenvolvimento do artefato, lembrando o problema inicial e explicitando de que maneira o artefato quando testado traria solução prática para o problema.

Com a escolha das ferramentas computacionais tendo atendido aos objetivos de serem gratuitas e funcionarem nos sistemas operacionais mais populares, tornou-se possível desenvolver o artefato que foi testado com músicos práticos e professores de música de diversas esferas do ensino musical (municipal, estadual, federal e privado).

Seguindo apenas as diretrizes elaboradas para os testes, os participantes da pesquisa experimentaram na prática os processos de instalação, configuração e utilização das ferramentas *Jack* e *JackTrip*. Com essa participação ativa, foi possível coletarmos via formulário Google, retornos confiáveis e conscientes quanto a experiência.

A demonstração do artefato desenvolvido foi realizada através dos testes práticos realizados, e posteriormente, da performance musical realizada por músicos geograficamente distantes. Foi possível ver e ouvir na prática a viabilidade das ferramentas. Os testes foram realizados individualmente (P2P), com interação apenas entre servidor e cliente, e em grupo (HUB), composto do servidor e mais dois usuários clientes por vez.

O recrutamento de músicos e professores de música para a realização dos testes foi feita através de contato direto com esses profissionais, e através de uma palestra realizada durante o VII Encontro de Trombonistas da Paraíba, em maio de 2022, com o tema Ensino e performance

musical em rede: Soluções Open Source para a prática instrumental e vocal remotos. Estavam presentes trombonistas da UFCG, UFPB e UFRN, professores e alunos. Na palestra foram apresentados o conceito de música em rede, as diferenças entre esta e as atividades assíncronas feitas online, o que são ferramentas *Open Source* e sua importância na luta contra a pirataria de *softwares*, as ferramentas *Jack* e *JackTrip*, vídeos demonstrando performances e ensaios feitos com as ferramentas, e por fim o convite para a participação na pesquisa.

A avaliação da eficiência das diretrizes formuladas deu-se ao equiparmos os resultados obtidos nos testes, com os objetivos inicialmente traçados no projeto. Foi possível obter dados concretos do que funcionou como o previsto, dos ajustes necessários em algumas situações, qual o sistema operacional mais problemático, quão importantes são as otimizações de *Hardware* e *Software* que podem melhorar a experiência do usuário e quais sugestões de melhoria, na perspectiva do profissional músico.

Os participantes da pesquisa contribuíram tanto de forma prática durante os testes, quanto respondendo individualmente a um formulário *Google* que tinha como objetivo sondar, em linhas gerais:

- 1) A esfera de atuação, se pública ou particular.
- 2) Quais sistemas operacionais utilizados.
- 3) Quais os recursos de *Hardware* utilizados.
- 4) Quais as experiências com instalação de ferramentas computacionais.
- 5) Quanto de conhecimento em computação acreditavam possuir.
- 6) Quais as dificuldades enfrentadas na instalação e configuração das ferramentas.
- 7) Como foi sua experiência quanto a sincronicidade.
- 8) Qual o potencial do *Jack* e *JackTrip* serem inseridos em atividades laborais de musicais.
- 9) Se consideram possível a transmissão dos conhecimentos obtidos através desse contato com a música em rede.

A comunicação foi feita através de palestra sobre o tema da pesquisa e mediante a defesa da dissertação do mestrado, frente a doutores nas áreas de computação e música. A execução da performance musical feita em rede utilizando as ferramentas propostas demonstrou as possibilidades da arte computacional na prática musical.

1.4 A recolha de dados e a teoria do aprendizado significativo de Ausubel

Refletindo sobre o teor deste estudo e do quanto as soluções apresentadas tem potencial de otimizar o processo educacional e performático musical, percebemos a importância dos profissionais da área na transmissão dos novos conhecimentos, motivando a utilização e possibilidades de um fazer musical ainda pouco explorado.

Sob esta perspectiva, podemos traçar um paralelo entre a experiência da exposição dos profissionais de música às ferramentas computacionais *Jack* e *JackTrip*, com a abordagem da teoria do aprendizado significativo, elaborada pelo psicólogo da educação norte americano, David Paul Ausubel, que tem como base os conceitos da aprendizagem cognitiva³.

A teoria do aprendizado significativo propõe a ampliação da estrutura cognitiva através da internalização de novas ideias e da forma com que elas irão se relacionar com as informações já existentes em nossas mentes através de um *Subsunçor*, sendo este o conceito facilitador para um novo assunto, um conhecimento prévio que facilitará a inserção de uma nova informação (MOREIRA; MASINI, 2006).

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel tem sido amplamente difundida na Educação. Ela valoriza os conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida na construção do conhecimento como forma de trazer significado ao conteúdo abordado (ABREU, 2016, p.1).

A dificuldade em ministrar as aulas de música, ensaiar ou até mesmo tocar, com as ferramentas disponíveis popularmente durante o período de isolamento social fez com que houvesse o interesse em alguns profissionais, em aprender sobre ferramentas computacionais específicas para estas demandas. Deste modo, mesmo que pensemos não saber nada de computação, nós, profissionais da música, precisamos utilizar as plataformas para fazer download de aplicativos, programas e aprendemos a usar melhor o armazenamento na “nuvem”, no mínimo, para nos manter em atividade no auge do período pandêmico. Desta forma, houve conhecimento internalizado em nossas estruturas de conhecimento.

³ A aprendizagem cognitiva consiste no armazenamento organizado das informações na mente do aprendiz, formando uma estrutura cognitiva.

Quando nos deparamos com o desafio de aprender a manipular ferramentas novas ao nosso cotidiano como o *Jack* e o *JackTrip*, este será o *Subsunçor* que estabelecerá conexão entre o que já sabemos, com as novas informações apresentadas.

Ao optarmos por validar a pesquisa através da capacitação, experimentação e impressões de profissionais de diversas esferas da performance e educação musical, estamos pondo em prática os conceitos que baseiam o processo da aprendizagem significativa. Também acreditamos na possibilidade de propagar os novos conhecimentos adquiridos através do profissional mais capacitado para fazê-lo, o professor.

O aprendizado significativo acontece quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva (Ausubel; Novak; Hanesian, 1978, p. 159).

Nesta pesquisa evitamos a aplicação da aprendizagem de forma mecânica, valorizando os conhecimentos prévios dos professores de música e músicos práticos, sempre enaltecendo suas habilidades e deixando claro que a pouca intimidade com o uso de tecnologias, quando somadas a vontade de aprender algo novo, já são o suficiente para conseguirem construir conhecimento.

Os dados da pesquisa foram embasados a partir dos retornos reais dos participantes quanto a consciência de suas habilidades computacionais, suas dificuldades e facilidades desde o momento de leitura do tutorial de instalação até os testes práticos e um dos pontos considerados mais importantes, seus julgamentos pessoais quanto a capacidade de replicação do conhecimento adquirido. Um profissional confiante será sempre um incentivador de pessoas.

1.5 Organização do trabalho

Este trabalho final foi organizado em cinco grandes capítulos. O primeiro é uma seção introdutória dividida em cinco pontos. Na justificativa, são apresentadas as primeiras observações sobre o tema, a motivação em pesquisá-lo e a conscientização do problema a ser resolvido. Em seguida temos os objetivos, onde ficam definidas as metas a serem alcançadas na construção da

solução para o problema prático identificado. Em procedimentos metodológicos, apresentamos o método utilizado na condução do trabalho e elaboração do artefato, o *Design Science Research* (DSR).

Encerrando o primeiro capítulo, apresentamos como foi feita a recolha dos dados da pesquisa e a observação deles sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O segundo capítulo, Fundamentação, é dividido em três seções que mostram os resultados da pesquisa teórica realizada para conhecer o estado da arte da música em rede. Neste capítulo são apresentados os significados atribuídos à música em rede, as ferramentas mais populares utilizadas, análises de usabilidade das mesmas e as características necessárias para que uma ferramenta possa atuar na transmissão de áudio de forma remota e síncrona.

No terceiro capítulo apresentamos as ferramentas escolhidas para elaboração e execução do artefato da pesquisa, o *Jack* e o *Jacktrip*. Nele serão encontradas informações sobre funcionamento, termos e otimizações de sistema, necessários para o melhor desempenho dos *softwares* propostos.

No quarto capítulo temos as classes de problemas, no qual descrevemos e analisamos a execução das seis diretrizes propostas pelo método DSR.

Para finalizar, temos o quinto capítulo com as considerações finais, no qual recordamos o percurso da pesquisa, refletimos sobre a subutilização de ferramentas próprias para trabalho musical remoto e buscamos incentivar os profissionais da música a conhecerem as possibilidades artísticas da música em rede.

2 FUNDAMENTAÇÃO

No segundo capítulo, aborda-se o percurso realizado na construção da fundamentação teórica necessária à pesquisa. A expansão do referencial teórico foi necessária para que houvesse a ampliação perceptiva dos aspectos que compunham o problema inicial. A partir dela, foi possível compreender os diferentes significados os quais expressões como música em rede adquirem para profissionais de áreas distintas como música e computação, encontrar trabalhos de profissionais pioneiros na busca do fazer musical utilizando internet, perceber a grande distância entre a realização e documentação de trabalhos práticos e acadêmicos que abordam música em rede, realizados no exterior e no Brasil, e por fim, conhecer o estado da arte acerca do tema e das ferramentas de trabalho aqui propostos.

2.1 Música em rede

Na área de Música, foram pesquisados trabalhos acadêmicos com no máximo de dez anos de publicação. Embora pareça muito tempo, esse período foi definido propositalmente, no intuito de identificar se as impressões e dificuldades dos profissionais da música na manipulação de ferramentas computacionais anos atrás permanecem as mesmas, ou se houve avanços nas habilidades, acompanhando o desenvolvimento tecnológico vivido pela sociedade atual.

Na área musical, como descrito anteriormente, percebeu-se diferença no significado da expressão fazer música em rede/online, sendo esta abordada, desde os primeiros autores verificados, como a execução de música utilizando internet. Mesmo em trabalhos que versavam sobre temáticas de ensino à distância (EAD), os autores não abordavam a possibilidade ou necessidade de interação simultânea.

Um trabalho interessante foi a dissertação *O ensino de canto coral nas licenciaturas EaD no Brasil* (Amato, 2017), em que o autor propõe (p.72) desenvolver uma ferramenta, chamada *Per Cantum*, para o ensino de canto coral EAD. A ferramenta busca disponibilizar faixas pré gravadas equivalentes às divisões vocais básicas de um coral, o soprano, contralto, tenor e o baixo, do repertório a ser trabalhado em aula. Dessa forma, o aluno poderia aprender sua parte e depois cantar junto às outras faixas disponibilizadas. A ferramenta também comporta um vídeo

pré-gravado do maestro explicando aspectos de dinâmica e andamento a serem seguidos na execução da música de estudo.

Sem dúvidas, a ferramenta proposta pelo autor atende ao formato EAD, visto que é uma modalidade construída para funcionar de maneira assíncrona, podendo o estudante acessar o material de estudo a qualquer hora e lugar. Porém, da maneira como é descrito seu funcionamento, a ferramenta *Per Cantum* não dá possibilidades reais para uma aula de canto coral. Como sugestão, para trabalhos com canto coral essencialmente assíncronos, temos, com exceção do vídeo disponibilizado pelo maestro, uma ferramenta antiga chamada *Choralia*, disponível no choralia.net.

Em *Ensaio coral à distância (ECAD) ou tele-ensaio: Uma nova forma de organização de trabalho e uma nova ferramenta pedagógica para o canto coral?*, Rita Fucci Amato (2011) comenta sobre sua experiência ao conduzir um ensaio via *Skype*, relatando pontos positivos e negativos para autora como maestrina, e para seus cantores. O que chama a atenção são os pontos negativos não darem destaque a questões como latência ou perda de qualidade de áudio, considerando o *Skype* como uma ferramenta plausível para o ensaio de um coral.

Através desse trabalho, o (ECAD), surgiram as primeiras reflexões sobre o quanto o contato visual e interação social promovidos por atividades musicais, por vezes, transpõe a importância do ouvir e da construção musical em si.

Fora do Brasil, a performance de música em rede, ou *Network Music Performance* (NMP) na literatura estrangeira, é compreendida como uma modalidade de performance que permite que músicos toquem simultaneamente, remotamente, interligados por ferramentas via internet. Para músicos que são socialmente isolados, esta é uma ferramenta valiosa que permite conexões apesar das barreiras geográficas ou de mobilidade (IORWERTH, KNOX, 2019, p.2).

Rottondi *et al.* (2016, p.2), defendem a importância da performance de música em rede (NMP) por visar revolucionar o conceito tradicional de interação musical, permitindo que músicos remotos interajam, garantindo um desempenho realista. Para Mills (2019, p.21), performance de música em rede também contribui com o desenvolvimento de tecnologias em conjunto com os projetos e sistemas criativos concebidos por artistas e músicos.

No capítulo 2 do livro *Tele-improvisation: Intercultural Interaction in the Online Global Music Jamm Session*, intitulado *Telematics, Art and the Evolution of Networked Music Performance*, Mills (2019), traz que as origens da criação de música em rede remontam ao

período pré-Internet dos anos 50, e que embora muitas vezes citado como um exemplo inicial da NMP, o *Imaginary Landscape* no. 4 de John Cage (1951), quem impulsionou a exploração da música em rede foi a Liga de Compositores Automáticos do Centro para Música Contemporânea (CCM) no Mills College, Oakland, Califórnia, em 1977.

Embora a improvisação não fosse prioridade nesta fase, eles haviam dado o primeiro passo no desempenho da música em rede por computador, inspirando performances nas décadas seguintes por grupos como o *HUB* em 1987 e o *Global Strings* em 1998. Tomiyoshi (2013) também descreve várias performances realizadas em rede, a exemplo do *Telemusic*, nos anos 2000, o ultra video *conferencing*, da Universidade McGill de Montreal, que em 2001 conseguiu apresentar um dueto de violino com latência de apenas 20 milissegundos, dentre outras performances em diversas universidades geograficamente distantes.

2.2 Usabilidade e desafios comuns na prática da música em rede

Nos estudos selecionados para este referencial teórico, foi recorrente a explanação das vantagens da música em rede e as análises de usabilidade de *softwares* ou outras ferramentas de otimização da performance. Os desafios foram, na maioria, referentes às dificuldades decorrentes da baixa capacidade técnica dos músicos para configurar as conexões do roteador e encaminhamento de portas necessárias para o uso de *softwares* especializados em música em rede, além das barreiras mentais que trazem a crença de que a latência (atraso) torna a NMP impossível em ambientes domésticos (IORWERTH, KNOX, 2019, p.5).

Outro desafio é a adaptação do espaço para apreciação das performances artísticas remotas e, principalmente, as propostas de soluções para problemas comuns da modalidade, que segundo Rottondi *et al.* (2016, p.2) constitui um significativo desafio de engenharia devido aos requisitos extremamente rigorosos em termos de atraso de rede e qualidade de áudio, necessários para manter uma sincronia satisfatória entre os artistas.

O desafio técnico na elaboração de ferramentas computacionais se mostra motivacional para os profissionais desenvolvedores, mas sem a participação mais próxima dos músicos na construção dessas ferramentas, ainda que em forma de feedbacks, faz com que estas permaneçam distantes do cotidiano dos profissionais da música, sendo sempre encaradas como algo novo e distante de serem utilizadas como ferramenta de trabalho.

Das análises de usabilidade de *softwares* ou outras ferramentas de otimização da performance, no trabalho *Performance de Música em Rede: avaliação e análise de ferramentas e propostas de aprimoramento de usabilidade* (Silva, 2019), o autor propôs analisar o potencial artístico e criativo, assim como as possibilidades oferecidas pela Música em Rede, através da experiência com os programas *Reaper*, mais especificamente o *plugin* nativo chamado *ReaNINJAM*, e o *Jamnr* quanto a pontos positivos e negativos da usabilidade a partir da experiência de dois músicos convidados para a interação em rede, propondo melhorias para as interfaces dos programas acima citados.

Driessen, Darcie, & Pillay (2011), no artigo *The Effects of Network Delay on Tempo in Musical Performance*, trazem a descrição de como as principais empresas, na época em que o artigo foi escrito, realizavam a produção musical on-line usando áudio e como os *JamNow*, *eJamming* e *Ninjam* se comportavam quanto às latências durante as performances, sendo o objetivo da pesquisa o desenvolvimento de um *software* de edição e análise de áudio que inclui o atraso como um elemento da performance.

Em contrapartida no artigo *The application of Networked Music Performance Technology to access ensemble activity for socially isolated musicians* (2019), é relatado como se dá a aplicação da tecnologia *Networked Music Performance* nas atividades de grupos de músicos socialmente isolados, através de um estudo de caso com alunos de graduação em música da *University of the Highlands and Islands* (UHI), uma instituição Escocesa que oferece educação à distância e ensino misto (uma combinação aprendizagem presencial, online e por videoconferência) na parte mais setentrional do país, onde a densidade populacional por área é baixa.

A instituição de ensino encontrou na prática da música em rede a solução para que músicos geograficamente dispersos possam trabalhar sem precisar viajar, sendo particularmente valioso para os residentes em áreas remotas e rurais, como é o caso. Os autores afirmam que todas as áreas da música de grupo são possíveis usando NMP, incluindo educação, improvisação, ensaio e performance.

Assim como Iorwerth & Knox (2019), não temos como objetivo dessa pesquisa, desenvolver uma nova ferramenta tecnológica para a NMP, mas sim, identificar os fatores que afetam músicos que executam música em rede em situações domésticas. Para os autores, embora haja desafios a serem superados, como o controle da latência, por exemplo, a música em rede

não deve mais ser encarada como uma novidade, concordando com Silva (2019) que defende a aceitação não tradicional do fazer musical proporcionado pela música em rede, podendo a latência não ser encarada apenas como ruído, mas como acessório para a composição, por exemplo.

2.3 Características necessárias às ferramentas de NMP para o controle possível da latência de rede

Desde o início dos experimentos e pesquisas acerca da performance da música em rede, a adaptação de ferramentas e músicos para o controle ou absolvição da latência de rede é o ponto principal das discussões. O atraso de rede tolerável na performance é em média 25 milissegundos, variando até 30 milissegundos em algumas pesquisas. Devido a essa restrição, os NMPs exigem soluções de atraso ultra baixo para codificação de áudio, transmissão em rede, retransmissão e decodificação. Cada uma dessas tarefas é desafiadora por si só (Lakiotakis, Liaskos & Dimitripoulos, 2018, p.1), como exemplifica Barbosa e Cardoso (2005).

Se considerarmos a menor distância de ligação peer-to-peer entre dois pontos opostos no planeta, obtemos uma distância aproximada de 20.004,5km... Mesmo com transferência de dados à velocidade da luz (aprox. 300 mil km/s) e dispondo de largura de banda ilimitada, a latência bi-direccional seria de aproximadamente 133,4 ms, o que excede em muito o limiar mínimo aceitável. (Barbosa e Cardoso, p.1, 2005)

Em *An Overview on Networked Music Performance Technologies*, 2016, é feita uma revisão da abordagem dos estudos psicoperceptivos realizados na última década com o objetivo de identificar limites de tolerância de latência para o bom desempenho da sincronia musical em tempo real, oferecendo também uma visão geral do *hardware / software* facilitadores para a música em rede, com ênfase particular em paradigmas de arquitetura do sistema, configurações de rede e aplicativos para casos de uso real.

A pesquisa é dividida em três partes. A primeira fornece uma análise aprofundada dos fatores que influenciam a aceitabilidade da latência; a segunda discute as contribuições para o atraso experimentado por usuários da música em rede ao longo da cadeia de *streaming* de áudio,

identificando os parâmetros do sistema que afetam a latência e a percepção da qualidade de áudio; finalmente, a terceira fornece uma visão abrangente das estruturas já existentes e discutir sobre as tecnologias de *hardware/software* que suportam performances musicais remotas.

Na pesquisa *Improving Networked Music Performance Systems Using Application-Network Collaboration* (2018), busca-se melhorar os sistemas de desempenho musical em rede usando a colaboração entre os aplicativos. A ideia básica é que os principais componentes participantes de um sistema NMP, o aplicativo e a rede, interajam durante a performance de música ao vivo, através de um controlador SDN. Desta maneira, à medida que o atraso aumenta, a rede tenta equalizá-lo modificando o comportamento de rede definido por software.

Permanecendo a situação de atraso de forma a exceder o limite máximo tolerável auditivamente, a rede reagirá informando ao aplicativo para que este altere o padrão de processamento de áudio para superar o atraso, diminuindo o valor do *Ensemble Performance Threshold* (EPT), que é o limiar de desempenho do conjunto e que deve ter menos de 25 milissegundos de demora de uma ponta a outra da transmissão.

A arquitetura explora a flexibilidade que a rede definida por *software* oferece na alteração das políticas de rede, para escolher o caminho com o menor atraso entre o transmissor e o receptor. Caso todos os caminhos disponíveis estejam congestionados, a rede informa o lado do aplicativo para alterar parâmetros de áudio como taxa de amostragem e tamanho do quadro, para diminuir o atraso criado pelo processamento do áudio.

Para os testes, foi elaborado um ambiente emulado usado o *Mininet*, que é um emulador de rede baseado em *Python* que suporta protocolo *OpenFlow* e permite princípios SDN. Para o controlador SDN, foi usado o POX, um controlador SDN de *thread* único baseado em *Python*, amplamente utilizado em experimentos de pesquisa. A aquisição, processamento e *streaming* do áudio foram implementados usando o *software Mathworks Simulink*.

Na verificação do desempenho da abordagem, os pesquisadores aumentaram o atraso da rede em cada caminho e examinaram o comportamento do sistema, apresentando como resultado, que em caso de congestionamento do tráfego, o lado do aplicativo tem mais opções para escolher a reconfiguração.

Lakiotakis, Liaskos & Dimitropoulos (2018) apontam que na comunidade de pesquisa, existem três abordagens predominantes para compensar a latência de rede.

A primeira introduz uma interação realista entre os músicos, sem considerar as restrições de atraso, sendo essa a única maneira de fornecer alta qualidade nos NMPs usados por músicos profissionais, incorporando a latência como elemento musical. A segunda abordagem é baseada no modelo mestre-escravo, onde em cada par de músicos, um tem o papel principal e decide o tempo da música, proporcionando maior tolerância de atraso. A terceira técnica baseia-se em adicionar atraso artificial em cada fluxo de áudio, no entanto, por exigir sincronia entre os metrônimos, esta técnica é vulnerável a problemas de tempo entre os relógios locais.

2.4 A performance da música em rede

Na pesquisa *Música em rede: um paradigma espacial na composição e na performance*, 2018, é feito um estudo de caso sobre dois projetos artísticos, o *Matriz* e *Territórios Temporários*, que decorreram entre Novembro de 2015 e Setembro de 2017. Os dois projetos visavam explorar e testar o modo como sistemas de suporte digital influem na criação musical (Torres, 2018). O *Matriz* foi um projeto que deu início à construção de um *software* com vista à pesquisa de expressões criativas realizadas por meio da Internet. O projeto *Territórios Temporários*, executado entre 2016 e 2017, foi uma pesquisa de aprofundamento dos conceitos de lugar e de território para apreciação de performances no contexto da música em rede.

Uma preocupação recorrente nas pesquisas que não será abordada no momento, podendo ser objeto de estudo futuro, é a resposta psicológica dos músicos por sentirem, em muitos casos, a falta da interação física e/ou visual, como troca de olhares e resposta aos movimentos do outro, durante as performances da música em rede. Por hora, acreditamos ser necessário encarar a experiência em rede como uma forma diferente de performance, sendo naturais também diferentes. É importante a abertura dos músicos e professores de música, às adequações sensoriais que uma modalidade não convencional como a performance de música em rede traz.

A partir desta revisão da literatura, percebe-se que várias são as ferramentas utilizadas na prática da música em rede. Para a presente pesquisa, optou-se pelos softwares *Jack* e o *JackTrip* por três motivos, detalhados a seguir: são opções gratuitas, funcionam da mesma maneira nos sistemas operacionais mais utilizados (*Windows*, *Linux* e *MacOs*) e são configuráveis em redes de internet domésticas.

3 APRESENTANDO AS FERRAMENTAS E OS TERMOS

No terceiro capítulo, serão apresentadas as ferramentas escolhidas para o andamento da pesquisa e da série de termos e siglas que serão recorrentes nos processos de instalação e testes. É compreensível que a explicação de termos, muitas vezes elementares, pode tornar a leitura desinteressante para profissionais da computação e pessoas de conhecimento técnico avançado nesta área, mas é importante que esta dissertação, por atender um programa interdisciplinar entre computação, comunicação e artes, consiga comunicar-se também com o público da comunicação e das artes, com ou sem habilidades no manuseio de ferramentas computacionais.

3.1 *Jack audio connection e JackTrip*

O *Jack Audio Connection Kit* é um servidor de áudio e MIDI de baixa latência que funciona em tempo real (JACK, 2012) e que tem como objetivo conectar o áudio entre diferentes programas, de modo que a quantidade de canais a serem utilizados não dependa da quantidade disponível em uma interface de áudio, podendo ser distribuídas por diferentes aplicações e também pela placa de som onboard⁴.

O *Jack* permite a execução via APIs (*Application Programming Interface*) de áudio, executando sobre o ALSA, PortAudio, CoreAudio, FFADO e OSS (SCHIAVONI & QUEIROZ, 2012, p.212).

O *JackTrip* é uma ferramenta desenvolvida em 2008 por Juan-Pablo Cáceres, com o propósito inicial de viabilizar performances do grupo de pesquisa *SoundWIRE (Sound Waves on the Internet from Real-time Echoes)*, do CCRMA (*Center for computer research in Music and Acoustics*), Universidade de Stanford, Califórnia. Utilizando a comunicação *Peer-to-peer (P2P)*, o *JackTrip* permite que os usuários se conectem diretamente, podendo atuar tanto como servidores como clientes, de forma a transmitir canais de áudio sem compactação.

O *Jack* e *Jacktrip* são ideais para a prática da música em rede por não comprimirem o sinal de áudio, podendo enviar e receber com taxas de 24 a 32 BITS por segundo, com *sample rate* de 48000, o que representa uma qualidade muito satisfatória.

⁴ A placa de som *Onboard* é a que vem integrada de fábrica à placa mãe do computador.

Com a transmissão do sinal de áudio feita de forma direta, este percorrerá de uma máquina à outra com mais velocidade e boa qualidade, reduzindo drasticamente os valores da latência de rede. Dessa forma, a sensação auditiva provocada pelo atraso no sinal de áudio, caso haja, será muito pequena ou ajustável ao longo da performance.

O *JackTrip* foi desenvolvido mediante a necessidade de minimizar o atraso na transmissão de áudio e maximizar sua qualidade, sendo um aplicativo que potencializa as colaborações online (Cárceles, Chafe, 2010, p.183). A demora na transmissão de dados é chamada de Latência, e não pode ser eliminada completamente, pois como explica Silva (2016), estamos limitados a transmitir informações no máximo na velocidade da luz, sendo a latência, influenciada pelo meio físico em que a informação está sendo enviada (cabos de cobre, fibra ótica, ar).

Além da latência, outra característica que influencia as transmissões em rede é o *Jitter*, que é o caminho que os dados levam para chegar de um computador a outro, não possuindo rotas fixas. Para que não ocorram falhas na transmissão do áudio, provocados pelo *Jitter*, é necessário a aplicação do *Buffer*, cujo valor representa quantas amostras por segundo serão entregues, diminuindo possíveis falhas na reprodução do áudio.

Quando utilizado em redes com largura de banda alta, a conexão entre os pontos de servidor e cliente se torna mais estável, fazendo com que a transmissão dos canais de áudio descompactados ocorra sem perdas consideráveis, diminuindo o atraso na comunicação. Sobre esse ponto, Torres (2018, p.9) e Mills (2019) concordam ao dizer que embora o *JackTrip* opere em redes DSL⁵ públicas, destina-se principalmente ao uso em redes institucionais como Internet2, GÉANT na Europa e ARNET na Austrália (MILLS, 2019, p.20).

Lakiotakis, Liaskos & Dimitripoulos (2018, p.15), apontam que aplicativos como *Jacktrip* transmitem fluxos de áudio não compactados que exigem um excesso de largura de banda, sendo as linhas alugadas ou de alta qualidade à Internet, as únicas soluções para eventos musicais de alto desempenho.

Iorwerth & Knox (2019, p.3) nos dizem que os sistemas domésticos mais simples podem incluir uma conexão de áudio usando *software* como *Soundjack* ou *JackTrip*, e uma conexão de videoconferência típica separadamente, como o *Skype*. O problema apresentado é que softwares

⁵ Rede DSL é uma conexão que utiliza o par de fios de cobre da linha telefônica, fator importante para sua implantação, já que reduz os custos de instalação (não necessita fazer novos cabeamentos), porém é muito mais rápida que a conexão dial-up (modem comum). (OLIVEIRA, 2004).

como *Soundjack* e *JackTrip*, requerem conhecimento técnico de redes, por exemplo, portanto, são difíceis de usar para muitos músicos. Posicionamentos que relacionam o *JackTrip* com a dificuldade nas configurações de rede também são encontrados nos trabalhos de TOMIYOSHI (2013), “Performances musicais distribuídas através de internet residencial”, SILVA (2016), “Processos e Camadas da música em rede” e Mills (2019), onde a autora aponta que o *JackTrip* requer conhecimento técnico para instalar e executar o *software*, sendo considerado proibitivo para artistas participantes da pesquisa (MILLS, 2019, p.20).

Em uma primeira leitura o uso do *JackTrip* pode parecer pouco viável, mas alguns pontos foram observados, de modo a nos fazer perceber a inadequação de muitas das queixas, se observadas as condições atuais da banda larga e das características atuais do próprio software. As pesquisas encontradas com foco na música em rede utilizando o *JackTrip*, por serem poucas, mostraram-se em um ciclo estreito de referencial teórico, além de que pesquisas anteriores a 2016, por exemplo, já encontrariam realidades bem diferentes quanto a largura de banda.

No estudo de TOMIYOSHI (2013), “Performances musicais distribuídas através de internet residencial”, temos experimentos utilizando o *JackTrip* na rede doméstica brasileira de 2013, cujo, como apontado pelo autor, as taxas de *Download* e *Upload* eram completamente desproporcionais, algo bem diferente do que temos hoje na maioria das redes domésticas.

A taxa de *Upload* é a responsável por levar os dados da nossa máquina para outra, então, se usarmos como referência a internet apresentada pelo autor, teremos uma taxa de *Download* muito superior à taxa de *Upload*, ou seja, receberíamos com velocidade os dados de outra máquina, mas não conseguiríamos enviar dados na mesma velocidade, situação que de fato inviabilizaria o funcionamento do *JackTrip* na rede doméstica. Atualmente, acessando qualquer site com medidor de internet, podemos ver que os valores entre *Download* e *Upload* não se encontram mais distantes.

Questionamentos quanto a interface gráfica do *JackTrip*, principalmente quando executado por Linux via linhas de comando, também é uma queixa recorrente que já foi resolvida. Para *Windows* e *MacOs*, ao instalar o *JackTrip*, este já se apresenta com uma interface gráfica simples e intuitiva. Para o *Linux*, há um binário para download disponível em <https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases/> (acesso em 02 de dezembro de 2021), na versão 1.4.1, que leva ao Linux à interface gráfica presente no *Windows* e *MacOs*.

O binário no sistema Linux consiste em um arquivo não textual, contendo as informações de um programa ou aplicativo, por exemplo, já pronto para funcionar na máquina, sem necessidade de autorizações de sistema mais complexas. Embora o acesso por terminal seja simples, a interface compila mais recursos em um só lugar, sendo, dessa forma, mais prática. De toda forma, na aba de opções avançadas da interface do *JackTrip* há a opção *Get command line*, para quem desejar ver a linha de comando de alguma atividade específica.

3.2 *Port forwarding* e protocolos TCP/UDP

A maior dificuldade apontada nos estudos pesquisados refere-se aos procedimentos de configuração da rede para o uso do *JackTrip*. O principal desses procedimentos é a abertura de uma porta de rede e chama-se de *Port Forwarding* (redirecionamento de portas). Essa ação é necessária para que haja o redirecionamento da porta de rede de um computador à porta de rede do outro, caracterizando a ligação *Peer-to-peer* (P2P).

Nas redes acadêmicas, essa configuração é facilmente disponibilizada pelas instituições. Nas redes domésticas brasileiras, basta solicitar à sua operadora de internet que faça a configuração do *Port Forwarding* no roteador. Algumas empresas cobram por esse serviço, outras deixam livre para que os clientes configurem, não há uma política estabelecida.

O ponto importante a ser observado é que o *Port Forwarding* só é necessário para usuário do *Jacktrip* que deseje atuar como servidor. Os usuários que atuam no modo cliente apenas fazem configurações nas interfaces das próprias ferramentas, antes das transmissões.

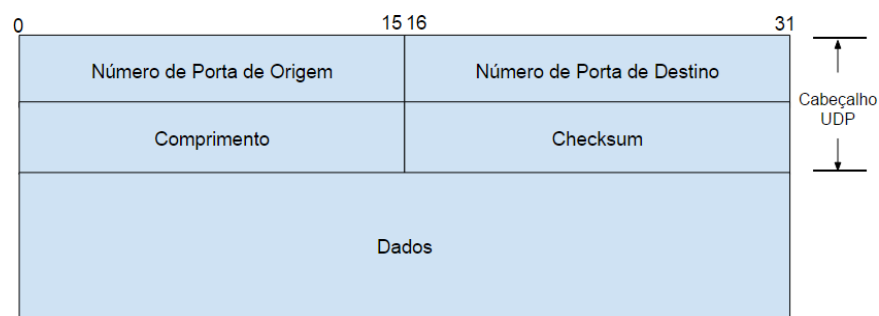
Para a realização do *Port Forwarding*, é necessário acessar as configurações do roteador para ativar o protocolo UDP, fazendo com que a rede possa trabalhar tanto no protocolo TCP, quanto no UDP. Vamos conhecer as diferenças e importância do protocolo UDP no processo de transmissão de sinais de áudio em tempo real.

Na comunicação via rede existem duas atividades fundamentais: requerer e receber dados. Os protocolos são como regras responsáveis por fazer com que a camada de transporte de dados possa desempenhar seu trabalho. Os protocolos TCP (*Transmission Control Protocol*) e UDP (*User Datagram Protocol*) fazem parte desta camada de transporte de dados, embora tenham formas de trabalho completamente diferentes, sendo o protocolo UDP, um modo de operação muito mais simples.

A principal característica do protocolo TCP é a garantia de que os dados requeridos e recebidos serão entregues de forma completa, sendo este protocolo predominante em nossas atividades corriqueiras via internet. Já o protocolo UDP não proporciona confiabilidade quanto a entrega de dados, enviando os datagramas (Ips) requisitados sem nenhuma garantia de que eles chegarão ao destino e sem confirmação de entrega, mas de forma simples e ágil, utilizando o número de porta para identificar os processos que estão de comunicando (Reis, 2016). A seguir temos a imagem de um cabeçalho UDP, que possui apenas 8 bites e que transporta apenas dados essenciais para a comunicação, no nosso caso, de áudio.

O *JackTrip* funciona sob o protocolo UDP (Protocolo de datagrama do usuário) por este ser bem simples, contendo um cabeçalho com a indicação das portas utilizadas, o tamanho e a qualidade dos dados transmitidos (SILVA, 2016, p.16).

FIGURA 2 – CABEÇALHO UDP



Fonte: Bóson, treinamento em ciência e tecnologia (2016)

Observamos na figura acima, que o cabeçalho UDP carrega apenas o número da porta de origem, identificando o processo que envia os dados, seguido da porta de destino, identificando o processo que recebe os dados. O comprimento especifica o tamanho em bytes do cabeçalho e dos dados carregados. Por fim, o *Checksum*, verifica a ocorrência de possíveis erros do cabeçalho ou dos dados que serão transmitidos (REIS, 2016).

Embora pareça estranho utilizar o protocolo mais simples e que não garante a entrega dos dados durante uma transmissão, o UDP tem várias aplicações, dentre elas o *streaming* de áudio e vídeo, pois como transmite os dados via IP, ele proporciona uma transmissão muito rápida.

A realização do procedimento de *Port Forwarding* consiste em acessar as configurações do roteador via computador, e mudar todas as opções que estão marcadas para funcionar apenas

em protocolo TCP, para TCP/UDP. Como vimos anteriormente, os protocolos utilizam os números das portas para definir os processos requisitados, logo o *Port Forwarding* indicará ao protocolo UDP, que existirá uma porta que fará o *streaming* de áudio. Nas opções avançadas do *JackTrip*, a porta 4464 já é sinalizada como a que fará a comunicação local e remota.

Como dito anteriormente, a dificuldade na configuração de rede é o ponto que afasta muitos músicos da experiência musical remota síncrona. Após a experiência participante, a configuração mostra-se árdua para quem não é da área da computação, mas não a ponto de ser considerada inviável.

3.3 Otimizando o sistema

Ao optarmos por trabalhar com ferramentas computacionais, é importante desenvolvermos a consciência de que para alcançarmos o melhor desempenho nas atividades, é preciso adequar o funcionamento dos equipamentos que dispomos para nossas demandas. Algumas dessas preparações são rotineiras para técnicos de gravação e engenheiros de som, mas podem ser observadas e praticadas por todos que desejem utilizar o *Qjackctl* e *Jacktrip* como ferramentas laborais.

A primeira observação que podemos fazer é sobre a limitação de máquinas antigas, pois existem necessidades mínimas de configuração que precisam ser suportadas. Para as condições contemporâneas à escrita desse texto, as otimizações sugeridas são:

1) Processador mínimo do tipo i5/i7 ou similar, de preferência a partir da quarta geração. Em máquinas mais antigas e com especificações menores foi possível trabalharmos, mas com menor desempenho.

2) Memória RAM mínima de 8GB a partir da DDR 3, sendo a DDR 4 mais recomendada por fornecer maior eficiência na troca de informações, maior capacidade de trabalho e performance no geral, sendo amplamente utilizada para jogos online e complexos que exigem muita memória do computador. A memória DDR (*Double-Data-Rate*), ou taxa dupla de transferência, é a que permite que haja a troca simultânea de dados, ponto principal do uso do *JackTrip*.

3) Unidade de armazenamento de dados HD (*Hard Disk*) ou SSD (*Solid State Drive*). Dessa forma podemos evitar o mau funcionamento das nossas máquinas devido à proximidade da capacidade máxima do armazenamento de dados.

4) Embora seja possível fazer testes ou até algumas performances utilizando apenas a placa *Onboard*, não é indicado o uso contínuo do *JackTrip* sem a adição de uma interface de áudio, evitando dessa forma, a sobrecarga no processador da máquina e limitações de comunicação com o *Kernel* utilizado.

Estas quatro observações são voltadas à otimização física das máquinas (*Hardware*), sendo a otimização de *software*, de extrema importância para a adequação do áudio para o sistema operacional utilizado pelo músico/professor (*Windows*, *Linux*, *IOS*). Desta maneira, o sistema poderá trabalhar com a transmissão de áudio de forma profissional, possibilitando a execução de música em rede, jogos online e trabalhos de áudio de alto desempenho.

Existem sites que apresentam e demonstram o uso de produtos utilizados na otimização de máquinas para o uso de áudio profissional a exemplo o *Focusrite*⁶, *Presonus*⁷ e *Sweet Water*⁸.

Com o processo de digitalização do som aprimorado, é possível executar as ferramentas com baixas taxas de *buffer*/período e consequentemente, com uma menor latência.

Nos sistemas operacionais, os *Kernels* são os responsáveis por acionar os *softwares* em consonância com o *Hardware* disponível. No sistema *Linux* existem *Kernels* desenvolvidos especificamente para o trabalho em baixa latência (*Low latency Kernel*), com foco no processamento em tempo real (*Real Time*) e estão disponíveis para instalação, junto com informações adicionais em <https://xanmod.org/>. Em liquorix.net temos disponível o *Liquorix*, que é uma distribuição de substituição, criada usando a melhor configuração e fontes de kernel para cargas de trabalho de *desktop*, multimídia e jogos (liquorix.net).

Para máquinas com o sistema operacional *Windows*, é necessário otimizar os *softwares* para o uso em *audio/game*. No *MacOs* também possui guias de otimização para o trabalho com áudio que precisam ser de conhecimento do operador, evitando erros durante o uso dos *softwares* ou a não execução do *Jack*, fazendo com que ele não funcione em um primeiro momento.

⁶ Disponível em: <https://focusrite.com/pt-br>

⁷ Disponível em: <https://www.presonus.com/en/start>

⁸ Disponível em: <https://www.sweetwater.com/>

Para os usuários do sistema operacional Linux, uma alternativa para otimização do sistema operacional é a instalação do *Music-DAW*⁹. Desenvolvido pelos professores João Almeida (IFPE) e Alexandre Magno (UFPB), o *Music-DAW* cria um *shell script* que facilita o processo de configuração dos sistemas operacionais Debian, Ubuntu ou Mint para o uso em baixa latência e tempo real, transformando a máquina em uma estação de trabalho de áudio digital (DAW).

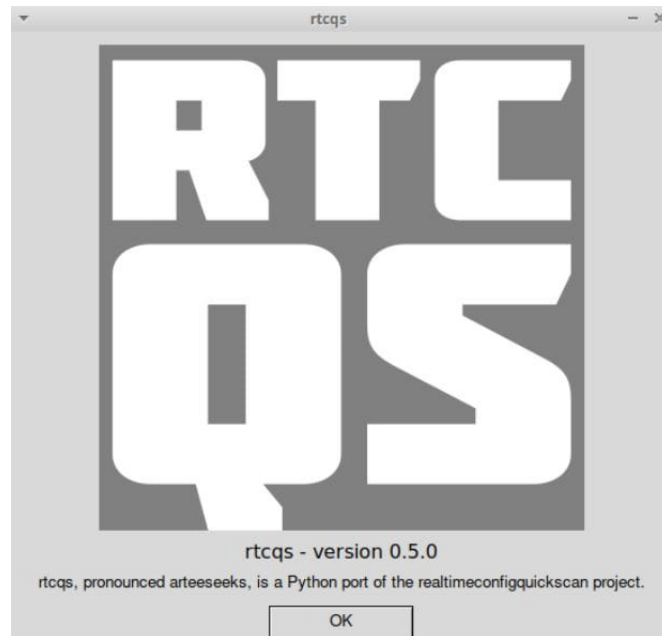
Para entendermos como se dá o aprimoramento do sistema, é útil sabermos como o *Shell Script* atua no computador com sistema Linux. Ao ser instalado, o *Music-DAW* inclui o usuário no grupo de áudio, para que se tenha acesso às permissões do grupo. Depois configura o parâmetro *vm.swappiness*, determinando a utilização da partição *swap*, o que garante que o áudio seja processado preferencialmente na memória RAM, e configura também o *max_user_watches*, o qual define o quanto de arquivos o sistema pode monitorar com o *Inotify*, pertencente ao *Kernel*.

Dando sequência, o *script* verifica se há algum *Kernel* de baixa latência instalado, e havendo, o adiciona ao modo RT (*Real Time*). Ao incluir os repositórios do *KX Studio*, o *script* permite ao usuário instalar *softwares* e *plugins* neles existentes. Passados esses passos, o pacote *cpufrequtils indicator-cpufreq* é instalado, possibilitando o uso da CPU em desempenho máximo à disposição do usuário.

Finalizando, o *realtimeconfigquickscan* instala o binário *rtcqs*¹⁰ que analisa o sistema e detecta possíveis inconsistências que prejudiquem o trabalho com o áudio Linux, concluindo com a instalação dos pacotes *Jack qjacktl*, dando ao usuário a opção de acesso prioritário e à memória para o grupo de áudio (GITHUB, 2020).

⁹ Disponível em: <https://github.com/joao4linux/music-daw>

¹⁰ Disponível em: <https://codeberg.org/rtcqs/rtcqs>

FIGURA 3 – JANELA RTCQS

Fonte: <https://codeberg.org/rtcqs/rtcqs>

Assim como na música em rede, a redução no tempo de comunicação entre as ações do usuário e a resposta do servidor também é um ponto de atenção para os usuários de jogos online. Dessa maneira, as alternativas *Open Source* utilizadas por esses indivíduos com o objetivo de diminuição do tempo na comunicação entre dois pontos, podem ser válidas para quem busca diminuir a latência durante a transmissão de áudio durante o uso do *JackTrip*.

Nos jogos online, o teste da velocidade de resposta entre dois dispositivos chama-se *Ping* (*Packet Internet Network Groper*). Naturalmente, quanto maior o valor do *Ping*, maior será a latência na comunicação. A eficiência na velocidade do *Ping* será diretamente afetada, de acordo com o protocolo DNS ativo no momento da transmissão.

O comando *Ping* pode ser feito por terminal nos sistemas *Linux* e *MacOs*, e *prompt* de comando no *Windows*. G. Ariane (2023) traz que no *Linux*, sistema indicado por este trabalho, a maioria das distribuições vem com o *Ping* instalado por padrão, podendo ser verificado por terminal no comando **ping -V**. Caso não esteja presente, realizar a atualização **apt-get update && apt-get install -y iputils-ping** (Disponível em <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/comando-ping-linux>).

O DNS (*Domain Name System*) é o protocolo de internet e serviços de rede em geral, que tem como uma de suas funções, traduzir os comandos feitos através do IP, para a linguagem numérica compreendida pelos computadores. A velocidade da comunicação entre o IP do cliente e o servidor pode ser otimizada de acordo com o DNS utilizado no sistema, em uma determinada ação.

Para otimizar a transmissão de dados pretendida pelo cliente, é possível escolher qual o DNS esteja operando de forma mais rápida. O aplicativo DNS *Jumper* é uma opção *Open Source* que propõe ao usuário, selecionar em tempo real qual o protocolo DNS mais rápido para sua transmissão. (OLHAR DIGITAL, 2023).

Considerar a otimização dos sistemas operacionais é reconhecer que eles podem conter falhas ou configurações nativas insuficientes para o trabalho com áudio em alta performance e baixa latência. A existência do *Low latency kernel*, *Liquorix*, *Xandmod* já nos mostra que a necessidade de otimizar sistema operacional ou recompilar *Kernel* para trabalhar com áudio, é real.

Outro ponto importante para os usuários de Linux é a crescente utilização do *Framework*, *PipeWire*. Embora contemporaneamente à escrita deste trabalho o *PipeWire* ainda possua instabilidades na operação em algumas distribuições, é possível percebermos que ele será o futuro do processamento de áudio e vídeo em baixa latência no sistema Linux.

Desenvolvido por Wim Taymans, principal engenheiro de *software* da *Red Hat* (FOSDEM, 2023), o *PipeWire* tem como proposta dar suporte às atividades de áudio e vídeo processados atualmente pelo *PulseAudio* e pelo *JACK*. (pipewire.org).

Na página oficial do projeto pipewire.org, são elencadas as principais ações esperadas com a execução do *PipeWire*, como a captura e reprodução de áudio e vídeo com latência mínima, processamento de áudio e vídeo em *real-time*, arquitetura que permite o compartilhamento de multimídia entre aplicativos e suporte para *PulseAudio*, *JACK*, *ALSA* e *GStreamer* (pipewire.org, 2022).

O *PipeWire* está disponível no repositório <https://gitlab.freedesktop.org/pipewire/pipewire>. Recomendamos também o acompanhamento da página oficial do projeto pipewire.org.

4 CLASSES DE PROBLEMA

Como citado no início do texto, o procedimento metodológico na condução deste trabalho foi o *Design Science Research* (DSR), seguindo a ordem de procedimentos proposto pelo fluxograma de Peffers *et al.* (2007). Realizar as etapas do fluxograma trazido na figura 1 ajudou no processo de organização tanto de ideias, quanto textuais e práticos.

Relembrando as etapas que foram seguidas, temos a identificação do problema, definição dos objetivos da solução, projeto e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação.

4.1 Identificação do problema

A identificação do problema, como apresentado ao longo do texto, veio antes mesmo do período de isolamento social provocado pela pandemia da COVID-19, mas foi durante este último período que houve um maior intercâmbio entre profissionais da música, na busca por melhores condições de trabalho na modalidade remota. Sem tempo hábil para pesquisar sobre ferramentas próprias para o trabalho com música, e o mais importante, aprender como utilizá-las, fez com que muitas atividades fossem realizadas a partir de ferramentas inadequadas.

Os problemas apontados com maior recorrência por músicos, professores e regentes ao precisarem lidar com as atividades remotas foram o atraso na transmissão dos sinais de áudio, as causas de quedas nos sinais de internet, a perda da sensibilidade quanto às dinâmicas e a falta de sincronia, tanto na relação áudio/áudio, quanto áudio/vídeo.

A pouca dimensão das possibilidades da internet também aumentava a frustração de alguns profissionais, ao passo que nem todos os problemas são de fácil solução, como a possibilidade da transmissão síncrona de vídeos com áudio em tempo real, por exemplo.

Sem ferramentas específicas para o trabalho com música, muitos profissionais, principalmente os de performance e maestros, foram duramente afetados em suas atividades. Professores conseguiram manter algumas atividades de forma improvisada, utilizando ferramentas inadequadas e assíncronas.

4.2 Definição dos objetivos da solução

Após a identificação dos problemas, várias perguntas surgiram, sendo as principais: existem ferramentas que permitam a execução da música em rede? Existindo, haveria alternativas gratuitas dentre elas? Funcionam em mais de um sistema operacional? São difíceis de operar? Por que não se tem amplo conhecimento sobre a existência delas?

Conseguir resposta para estes questionamentos foi o que moveu a construção desta pesquisa, sendo também a chave para a definição dos objetivos que precisavam ser alcançados com a construção do artefato. Era necessário encontrar uma ferramenta:

- a) Que possibilitasse a execução de música em rede
- b) Que fosse gratuita
- c) Com nível de operacional simples
- d) Que funcionasse em mais de um sistema operacional
- e) Que pudesse ser sugerida, ensinada e testada por profissionais da música.

O artefato final apresentado nesta pesquisa é uma solução constituída da apresentação de ferramentas gratuitas e específicas para o trabalho musical em rede, seguido da elaboração de diretrizes que conduzem da instalação das ferramentas à execução prática musical, de forma objetiva e linguagem acessível.

4.3 Projeto e desenvolvimento

Procurando manualmente na biblioteca do sistema *Linux*, por ferramentas que trabalhassem com áudio em tempo real, encontramos a ferramenta *JackTrip*, cujo funcionamento se dá através do servidor *Jack*.

Embora a descrição disponibilizada para a ferramenta sugerisse que o *JackTrip* atenderia a todas as demandas da pesquisa, era preciso conhecê-la e testá-la, e em caso de retornos positivos, entender por qual razão ela não foi utilizada em larga escala, principalmente pelos espaços formais de ensino e performance musicais. Durante a construção do referencial teórico

visto anteriormente, houve diversas menções quanto ao *JackTrip*, todas apontando-o como uma ferramenta de configuração difícil ou inviável, mas ainda assim era interessante experimentá-lo.

No primeiro contato, *download* e instalação deram-se sem dificuldades, tornando possível o registro de todas as ações realizadas.

Por tratar-se de comunicação ponta a ponta (P2P), sendo necessário um dos usuários atuar como servidor, o orientador solicitou a liberação da porta de rede necessária para que pudesse atuar como servidor. A partir desse momento, a rede acadêmica da UFPB, Campus I, em João Pessoa – PB estava apta a servir como servidora a partir do IP da máquina do orientador Alexandre Magno.

O *JackTrip*, como visto anteriormente, foi desenvolvido inicialmente para a comunicação entre redes acadêmicas, mas o primeiro teste teve o objetivo buscar a comunicação entre a rede acadêmica da UFPB na condição de servidora, com uma rede doméstica como cliente. Mesmo diferente da proposta inicial da ferramenta, foi esperado que a comunicação funcionasse sem grandes dificuldades, visto que o sinal servidor estava partindo de uma rede acadêmica.

A comunicação P2P ocorreu sem problemas e com sincronia animadora, sendo possível realizar um pequeno dueto de voz e trombone com atraso insignificante, mesmo os participantes estando 112Km geograficamente distantes. Foram feitas outras comunicações com as quais foi possível conhecer mais a ferramenta, as configurações e testar a capacidade de processamento das máquinas envolvidas. Neste ponto, todas as comunicações deram certo sem dificuldade operacional.

Diante a facilidade até o momento, era necessário entender quais eram as configurações de rede problemáticas relatadas nos trabalhos selecionados para o referencial teórico, quando se referiam ao *JackTrip*. Nesse ponto foram traçados novos desafios:

- a) Realizar transmissão P2P com rede doméstica atuando como servidora.
- b) Buscar referencial teórico que aborde mais especificamente quais as configurações de rede difíceis de realizar.

Atuar na rede doméstica como servidora também era necessário para o aumento da autonomia na condução dos testes vindouros, principalmente em relação aos horários de realização da transmissão, que precisariam se adequar aos horários dos participantes. O sucesso

na transmissão em modo P2P e HUB entre redes domésticas seria crucial para a comprovação da possibilidade de uso e popularização das ferramentas propostas, por parte dos profissionais da música.

Por não pertencer à área de informática e nunca ter realizado configuração de rede, a realização do *Port Forwarding* (abertura de porta) foi de fato trabalhosa, mesmo seguindo os tutoriais encontrados no *Youtube*. Foi possível compreender em parte as falas dos autores que criticaram esse ponto do *JackTrip*, pois, para músicos sem experiência em configurações de redes, é realmente demorado de fazer o procedimento, o que não significa que seja difícil ou inviável. É importante lembrar que o *Port Forwarding* só é necessário para quem quer atuar como servidor.

4.4 Demonstração

Após as primeiras comunicações P2P, com rede acadêmica e doméstica atuando como servidoras, era o momento de apresentar as ferramentas aos profissionais de música com interesse em realizar os testes, encaminhar as diretrizes de instalação e configuração e testar o modo HUB. Com a participação dos profissionais e seu retorno positivo, seria possível validar a pesquisa, pois teríamos cumprido o objetivo de apresentar uma solução prática para um problema prático de um grupo de pessoas.

Como o *JackTrip* trabalha com a transmissão descompactada apenas do áudio, a ferramenta *GoogleMeet* foi utilizada como recurso de vídeo, devendo estar com o microfone desligado para evitar a alimentação do mesmo. Em termos de função, não há diferença na escolha entre o *Google Meet*, *Skype* ou *Zoom*. Com base na experiência profissional, o recurso de vídeo é importante no contexto do ensino de música para correção postural ou ensaio de performance cênica, por exemplo, mas para execução de exercícios, prática em conjunto ou performance musical, a percepção auditiva é a habilidade necessária para uma performance de qualidade, sendo o vídeo, um recurso desnecessário.

4.4.1 Sobre o recurso de vídeo

O uso consciente do recurso de vídeo faz com que a qualidade de *streaming* seja otimizada, estando a máquina e a largura de banda “concentrados” na transmissão do áudio. Logo, na prática, será natural o atraso entre áudio e vídeo, visto que o áudio estará em transmissão descompactada, percorrendo mais rapidamente os pontos servidor/cliente, que o vídeo.

A página netshow.me, no artigo “Qual o mínimo de internet pra fazer *streaming*? Veja quanto consome uma transmissão ao vivo.”, traz que a velocidade de *Upload* responsável por fazer a transferência de dados entre computadores durante uma transmissão ao vivo de vídeo e áudio deve ser de no mínimo 5 Mbps (mega bites por segundo). Em uma transmissão HD, é necessária uma conexão estável de no mínimo 10 Mbps (netshow.me, 2021, acesso em 09 de julho de 2022). A transmissão de vídeo é uma grande consumidora de largura de banda, sem ela, a transmissão do áudio ficará mais rápida.

4.4.2 Dos testes

Para a execução dos testes, foram recrutados profissionais de diversas áreas de trabalho musicais. Participaram efetivamente professores de música, instrumentistas, cantores e regentes. O recrutamento aconteceu através de convites diretos e de uma palestra de uma hora de duração realizada em maio de 2022, no VII Encontro de Trombonistas da Paraíba, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A palestra foi uma forma de apresentar a pesquisa e convidar os profissionais para participarem das transmissões.

Como sinalizado ao longo das leituras realizadas durante a construção do referencial teórico, a resistência de muitos músicos em conhecer e experimentar ferramentas tecnológicas, mesmo que específicas para o trabalho musical, mostrou-se um fato em vários momentos da fase de testes. Somando os convites pessoais e as pessoas que acharam as ferramentas interessantes durante a palestra na UFCG, 25 pessoas foram recrutadas para a realização dos testes, 16 seguiram o interesse e receberam os tutoriais para instalação e configuração, mas no total, foram 12 os profissionais que realizaram a proposta por completo, da instalação ao retorno da experiência via formulário. Desse total, apenas duas mulheres.

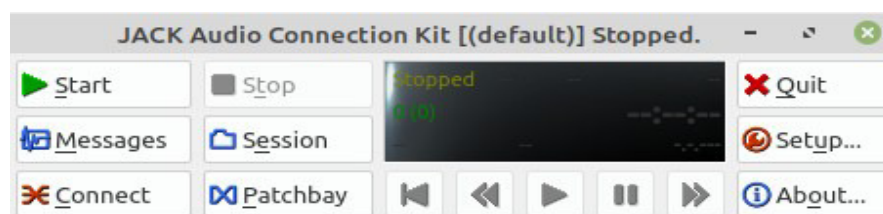
Os participantes receberam os tutoriais desenvolvidos durante os primeiros testes, de acordo com os sistemas operacionais que utilizavam em suas máquinas. Antes de iniciarem a experiência prática, os que desejaram, receberam uma apresentação transmitida via *Google Meet*, em que foram apresentados os conceitos de Arte Computacional, Música em Rede, definição de *Open Source*, sua importância no contexto educacional, e o mais importante, a apresentação das ferramentas, seus modos básicos de operação e o agendamento dos testes P2P e HUB.

Durante o processo de instalação, a maioria dos usuários do sistema *Windows* enfrentaram problemas na instalação do *Jack*, principalmente na distribuição *Windows 10*. Em distribuições mais antigas, o *Windows* apenas não permitia o funcionamento correto do *Jack*, normalizando após reinstalação, houve duas situações semelhantes. Quatro usuários do *Windows 10* tiveram exatamente as mesmas dificuldades, o sistema bloqueando o *Download* do *Jack* como medida de segurança, sendo necessárias mais de duas tentativas para conseguirem baixar. Depois a dificuldade era localizar a pasta de instalação e insistir na execução do arquivo *QjackCtl*. O usuário de *MacOs* não teve dificuldades na instalação e execução do *Jack*.

Nos *Windows 10* e no *MacOs* foi necessário baixar o arquivo .msi diretamente do *Github* para que o *JackTrip* fosse executado corretamente. O arquivo com extensão .exe disponível na página inicial do *JackTrip* não funcionou corretamente nessas quatro máquinas. A comunicação P2P iniciava aparentemente normal, o *Jack* indicava que o *JackTrip* estava em chamada, mas a transmissão do sinal de áudio não acontecia. Fomos investigando juntos, tentativa e erro, até encontrarmos a solução. Após instalados os passos de configuração do *Jack* e *JackTrip*, estes mostraram-se bastante simples, como vemos a seguir, em ordem de execução:

- Primeiro: Clicamos para abrir o *Jack*, do qual aparece a seguinte janela:

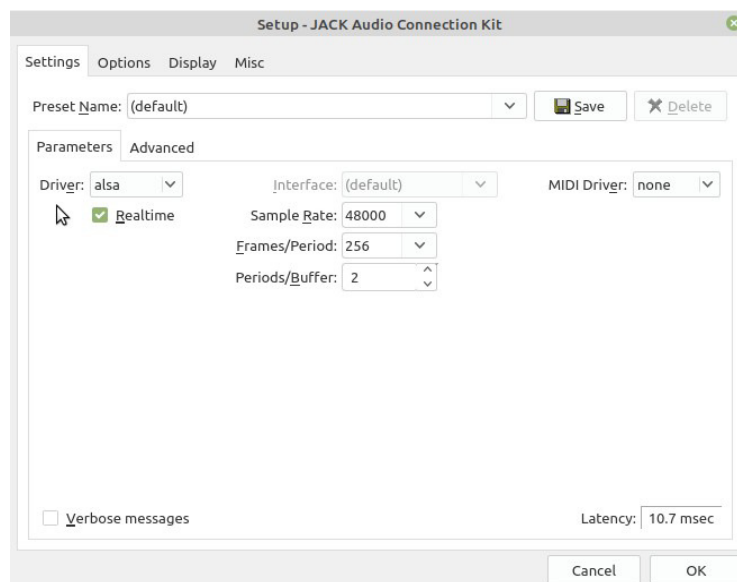
FIGURA 4 – JANELA INICIAL DO JACK



Fonte: A autora da pesquisa

- Segundo: Na janela, clicamos em “*setup*” (segunda opção à direita), onde teremos:

FIGURA 5 – *SETUP DO JACK*



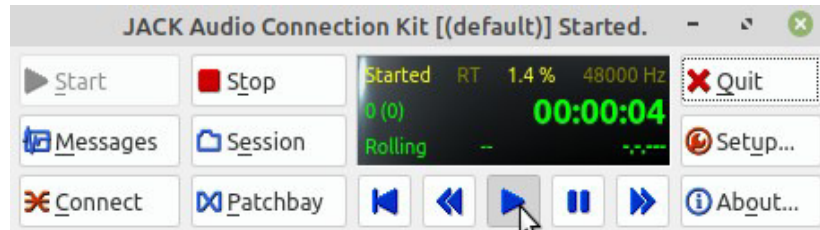
Fonte: A autora da pesquisa

O primeiro passo no *Setup* é selecionar o *Drive* e selecionar a caixa *Realtime*. Para sistemas *Linux*, o *drive* escolhido deve ser ALSA, para *Windows portaudio* e para *MacOs*, *Coreaudio*. Em seguida na opção “*sample rate*”, clicamos na seta à direita e selecionamos em nossos testes, a opção 48000. Na opção “*Frames/Period*”, selecionamos a opção 1024. Importante: Havendo atraso durante a transmissão (Latência), é necessário interromper a transmissão e realizar testes com *Frames/Period* mais baixos (1024 para 512, 256, 128, 64), sem que haja comprometimento na performance do computador.

É importante lembrar que quanto menor for o valor do *Buffer Size*, menor será a latência na transmissão, porém, haverá maior exigência da CPU para o processamento de toda essa informação em tempo real.

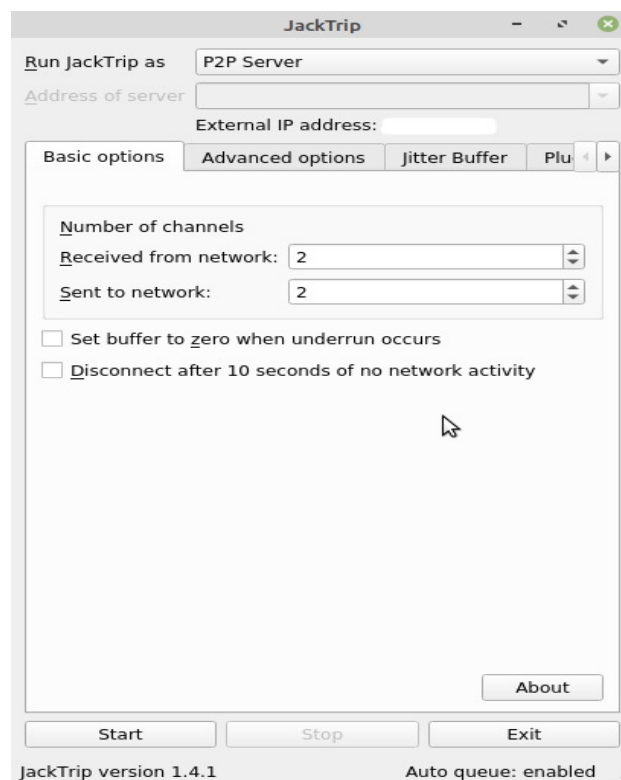
Para usuários de sistema Linux otimizado para o trabalho com áudio, sugerimos a marcação do *Cpufreq utility* em modo desempenho para melhores resultados.

- Terceiro: Após aplicar os parâmetros acima, clica em “*Save*”, depois clica em “*Start*” e o “*Play*” abaixo do *display*. O *Jack* ligado fica dessa forma:

FIGURA 6 – JACK LIGADO ANTES DE CLICAR NO PLAY EM AZUL

Fonte: A autora da pesquisa

No *JackTrip* teremos a seguinte interface, disponível também para usuários de Linux que instalem o binário *JackTrip-v1.4.1-Linux-x64-binary.zip*. Caso não instalem o binário, o acesso pode ser feito via terminal.

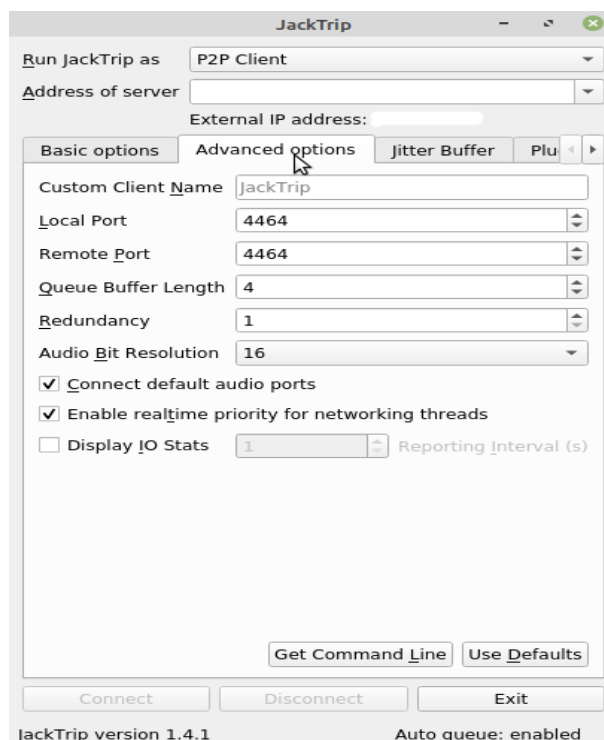
FIGURA 7 – INTERFACE JACKTRIP ABERTA

Fonte: A autora da pesquisa

O usuário pode utilizar o *JackTrip* na qualidade de Servidor (O que fornece o IP público) ou de Cliente (O que se conecta através do IP do servidor).

- Primeiro: Ao abrir o *JackTrip*, em “*Basic Options*” na opção “*Run JackTrip as*”, selecionamos a ligação desejada, no nosso caso, P2P Cliente ou P2P Servidor.
- Segundo: Em “*Address of Server*”, digitar o endereço do IP do servidor.
- Terceiro: Em “*Advanced Options*”, marcar as informações das portas conforme a imagem a seguir:

FIGURA 8 – PARÂMETROS SUGERIDOS PARA AS “ADVANCED OPTIONS”



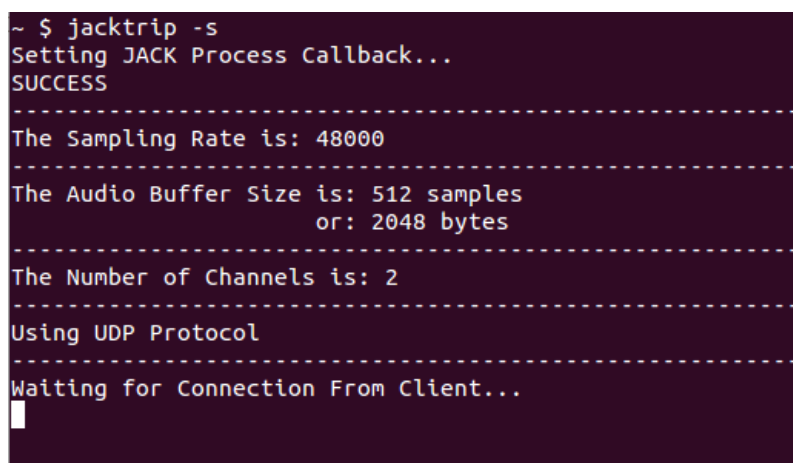
Fonte: A autora da pesquisa

- Em caso de acesso via terminal¹¹, utilizar os comandos *jacktrip-s* para servidor ou *jacktrip -c* para clientes, devendo preencher o IP do servidor para conectar-se a ele normalmente. Ctrl-C para sair do *JackTrip*

¹¹ O terminal nos sistemas Linux/Debian pode ser acessado pelo atalho ctrl+alt+t

Os parâmetros apresentados nas imagens anteriores foram baseados nos utilizados para os testes da pesquisa. No tutorial haverá mais detalhes quanto às possibilidades de configuração.

FIGURA 9 – JACKTRIP VIA TERMINAL, USUÁRIO CLIENTE

A terminal window with a dark background and light-colored text. The text shows the execution of the 'jacktrip -s' command. It starts with '~ \$ jacktrip -s', followed by 'Setting JACK Process Callback...' and 'SUCCESS'. Then, several lines of configuration parameters are displayed, each preceded by a dashed line: 'The Sampling Rate is: 48000', 'The Audio Buffer Size is: 512 samples or: 2048 bytes', and 'The Number of Channels is: 2'. This is followed by 'Using UDP Protocol' and 'Waiting for Connection From Client...'. A cursor is visible at the end of the last line.

```
~ $ jacktrip -s
Setting JACK Process Callback...
SUCCESS
-----
The Sampling Rate is: 48000
-----
The Audio Buffer Size is: 512 samples
                        or: 2048 bytes
-----
The Number of Channels is: 2
-----
Using UDP Protocol
-----
Waiting for Connection From Client...
█
```

Fonte: <https://ccrma.stanford.edu/software/jacktrip/linux/index.html>

Após a execução das transmissões, foi solicitado aos participantes que respondessem ao questionário desenvolvido para coletar as impressões obtidas através da experiência. A validação por profissionais foi satisfatória por termos conseguido obter respostas objetivas e conscientes quanto ao trabalho realizado.

Houve transmissão entre servidor de João Pessoa (PB) com Campina Grande (PB), Pesqueira (PE) e São Luís (MA); e entre servidor de Campina Grande (PB) com João Pessoa, Remígio (PB), Campina Grande (PB) e Curitiba (PR).

A partir dos testes observamos ser importante o uso de *Headphones* para evitar a realimentação¹² da fonte sonora, evitando a ocorrência de *Loop* no sinal de áudio. A distância do cantor/instrumentista da fonte também pode dificultar a captação do som e aumentar os valores da latência de rede.

¹² Realimentação de uma fonte sonora é conhecida popularmente como Microfonia, que é quando um microfone ou similar capta o próprio som através de outro equipamento.

TABELA 2 – RESULTADOS DOS TESTES NO MODO P2P

	Cidades	Distância	Objetivo	Resultado
Teste 1	João Pessoa – Pesqueira	320,4 Km	Conhecer a interface e estabelecer a primeira conexão Servidor/Cliente.	Transmissão de áudio com qualidade e sem atrasos
Teste 2 Usuário A	João Pessoa – Campina Grande	126,4 Km	Expor um músico com conhecimento elementar em computação às atividades de Download, instalação e utilização do Jack e JackTrip, para elaboração de um tutorial	Instalação, utilização e registro das etapas feito com sucesso. Comunicação sem atraso.
Teste 3 Usuário B	João Pessoa – Campina Grande	126,4 Km	Marcação rítmica de uma melodia executada pelo usuário servidor em tempo real.	Marcação realizada na primeira tentativa, não apresentando atraso.
Teste 4 Usuário A	João Pessoa – Campina Grande	126,4 Km	Participar de ensaio instrumental em rede	Ensaio realizado de forma satisfatória, apresentando pequenas inconstâncias devido à utilização de uma máquina com menor capacidade de processamento.

Teste 5 Usuário C	João Pessoa – São Luís	1.577,0 Km	Ouvir uma melodia e executá-la em seguida simultaneamente	Teste realizado com sucesso, não apresentando atrasos consideráveis
Teste 6 Usuário D	Campina Grande	5,5 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de melodia em uníssono.	Atividades realizadas satisfatoriamente. Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack
Teste 7 Usuário E	Campina Grande Bairros 1 e 3	5,4 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de melodia em uníssono.	Atividades realizadas satisfatoriamente. Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack
Teste 8 Usuário F	Campina Grande Bairros 1 e 4	4,5 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de melodia em uníssono.	Atividades realizadas satisfatoriamente. O usuário E relatou uma “sensação” de atraso que não chega a atrapalhar a execução.

Teste 9 Usuário G	Campina Grande Bairros 1 e 5	8,0 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de melodia em uníssono.	Atividades realizadas satisfatoriamente. Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack
Teste 10 Usuário H	Campina Grande Bairros 1 e 6	5,0 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de dueto, Voz e violão	Atividades realizadas satisfatoriamente. Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack
Teste 11 Usuário I	Campina Grande - Remígio	35,0 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de dueto de violões	Atividades realizadas satisfatoriamente. Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack

Teste 12 Usuário J	Campina Grande - Curitiba	3020 Km	Marcação rítmica em tempo real e execução de melodia em uníssono.	Atividades realizadas com atraso Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack
Teste 13 Usuário K	Campina Grande –Curitiba	3020 Km	Marcação rítmica em tempo real	Atividades realizadas com atraso Necessidade de adaptação do <i>Sample Rate</i> do Jack

Fonte: A autora da pesquisa

As comunicações P2P foram animadoras e embora muitos tenham estranhado a ausência do visual nos momentos de entradas, por exemplo, o ouvido vai acostumando-se a perceber o som por si só. Os dois testes realizados com profissionais de Curitiba (PR) não obtiveram a experiência síncrona obtida nos outros testes. Fizemos as comunicações em dois dias distintos, obtendo o mesmo resultado, porém, foi observado que no período em que estes testes foram realizados, a rede doméstica servidora estava instável, o que pode ter contribuído com o resultado obtido.

Os testes com modo HUB foram muito interessantes de serem realizados. Foram feitos grupos de três e quatro usuários, para testar inclusive a capacidade de operação da rede servidora, que como dito anteriormente, mede aproximadamente 100MB. Os testes com três pessoas funcionaram bem, ficando sempre uma com volume um pouco mais baixo, mas que não atrapalhava a execução musical. O teste com quatro usuários teve como característica um deles não conseguir ouvir o sinal de áudio. A servidora ouvia os quatro sinais, mas um deles não conseguia ouvir aos outros. Ao diminuir o grupo, o cliente voltava a ouvir todos os sinais, o que foi compreendido como uma limitação da rede servidora.

TABELA 3 – RESULTADOS DOS TESTES NO MODO HUB

	Ação	Resultado
Modo HUB – servidor + 2 clientes Campina Grande – João Pessoa	Ensaio de grupo de trombones	Transmissão com atrasos mínimos, mas perceptíveis, atribuído ao uso de uma máquina de baixa capacidade de processamento
Modo HUB – servidor + 3 clientes Entre bairros de Campina Grande	Execução de peças corais	Servidor com escuta clara e síncrona dos quatro sinais de áudio simultâneos, porém, um dos clientes não conseguia ouvir o conjunto. Após interrupção na transmissão de outro cliente, a distribuição de áudio foi normalizada. Consideramos que o número de sinais participantes extrapolava a capacidade da rede doméstica servidora.
Modo HUB – servidor + 2 clientes Entre bairros de campina Grande	Dueto vocal e violoncelo	Transmissão bem sucedida e síncrona
Modo HUB – servidor + 2 clientes Campina Grande - Remígio	Dueto de violões	Transmissão bem sucedida e síncrona
Modo HUB – servidor + 2 clientes Campina Grande - Remígio	Dueto de cordas e voz	Transmissão bem sucedida e síncrona

Fonte: A autora da pesquisa

O Modo HUB possui cinco modos de operação, aos quais experimentamos rapidamente, no intuito de perceber as diferenças práticas entre eles, mas as interações musicais foram realizadas no Modo 4, no qual todos ouvem aos outros e a si mesmos, tornando a experiência mais próxima da atividade conjunta realizada presencialmente. Os modos de operação disponibilizados pelo HUB no *JackTrip* são:

- a) Mode 0 – Modo padrão no qual o servidor ouve a todos, e os clientes ouvem o que for liberado pelo servidor.
- b) Mode 1 – Todos ouvem apenas a si próprios.
- c) Mode 2 – Todos ouvem ao conjunto, mas não a si mesmos.
- d) Mode 3 – Específicos para IP internos gerados automaticamente.
- e) Mode 4 – Todos ouvem ao conjunto e a si mesmos

O'Connor (2020) disponibilizou um material que explica o funcionamento do *JackTrip* em HUB e traz imagens de como o roteamento de áudio comporta-se em cada um deles. O material pode ser acessado em <https://www.haven2.com/index.php/archives/jacktrip-hub-mode-server-options>.

Nos testes realizados com os usuários clientes em Curitiba (PR), apenas foram apresentadas a existência da possibilidade de trabalho e onde trocar o modo de operação P2P *client* para HUB *client*. Com a comunicação P2P apresentando atraso, optamos por não fazermos a experiência musical no modo HUB.

Os participantes da pesquisa, em totalidade, viveram a experiência com o ensino e/ou performance musical remotos, e compartilharam dos problemas que deram início às reflexões desse trabalho, mostrando entusiasmo ao conseguirem lidar com as ferramentas propostas e propondo-se a montarmos uma demonstração musical prática, de modo a trazer além da contribuição científica teórica, a do fazer Arte Computacional através da música em rede.

4.5 Avaliação

Partindo do objetivo de apresentar uma solução prática, para um problema prático e comum a uma comunidade, chegamos às ferramentas gratuitas *Jack* e *JackTrip*, que em

funcionamento conjunto, ofereciam a possibilidade de transmissão de áudio em tempo real e de forma síncrona.

A partir dos primeiros testes, percebeu-se que para apresentar essa nova possibilidade de trabalho a profissionais do ensino e performance musicais, era necessário a elaboração de um material tutorial, em português, com linguagem objetiva e acessível, que contivesse o passo a passo desde a instalação à configuração básica das ferramentas citadas. Dessa maneira, mesmo profissionais com pouco conhecimento computacional foram capazes de conduzir as etapas iniciais de forma autônoma.

A preparação básica da máquina para a performance em rede consistia na instalação do servidor *Jack* (*Qjackctl*) e do *JackTrip*, disponíveis respectivamente em <https://jackaudio.org/downloads/> e <https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases>.

Os computadores eram ligados diretamente ao cabo de rede ou cabo *Ethernet*, para que o áudio possa ser transmitido com valores mínimos de latência. Não é possível ainda realizar transmissões utilizando rede *Wi-fi*, pois esta não consegue proporcionar uma taxa de transmissão estável e sem interferências, logo, o uso do cabo de Ethernet (azul ou amarelo com pontas transparentes), é indispensável.

Na maioria dos testes, os valores de *Buffer* e *Sample Rate* precisaram ser ajustados, sendo necessário estarem iguais entre as máquinas envolvidas na transmissão. O ajuste foi realizado de acordo com as possibilidades do usuário de internet mais frágil. Em alguns testes, o *JackTrip* indicava qual parâmetro precisava ser equalizado, em outros, o ajuste era feito manualmente. A sinalização de *Sample/Rate* divergente aconteceu apenas duas vezes, entre máquinas com Linux e Windows 7.

Após os testes e seguindo a última etapa do método, foi possível observar e avaliar alguns pontos:

- a) Durante os testes, os usuários das redes servidoras estavam equipados com Interface de áudio, microfone, cabo *Ethernet* e computador.
- b) Os usuários das redes clientes que dispunham do mesmo equipamento, os utilizaram. Os que não dispunham, utilizaram apenas o computador com microfone ou o microfone interno notebook.

- c) A interface de áudio teve como função principal a eliminação de possíveis ruídos, otimizando a qualidade de áudio, sendo de grande valia em situações de ensaio e performance.
- d) A não utilização da interface de áudio não mostrou-se indispensável na execução de tarefas simples. A rede doméstica servidora experimentou uma transmissão P2P sem interface e obteve êxito, mas o uso do microfone externo fez diferença para o cliente, que naturalmente, percebeu o volume do áudio da servidora mais baixo.
- e) Máquinas com bom processador e que estejam em uso exclusivo no momento da transmissão de áudio, mostram áudios mais livres de ruídos.

Alguns músicos sentiram falta do contato visual em momentos de entrada, mesmo havendo a contagem do compasso antes das execuções musicais. O recurso visual é mais relevante em situações de aulas de música, onde há a necessidade de correção postural, por exemplo, mas para ensaios e performances musicais em rede, a percepção auditiva deve ser o maior recurso do profissional, sendo importante lembrar que o Streaming de vídeo sempre demandará mais da banda larga.

A experiência foi bem avaliada entre os profissionais participantes da pesquisa, como veremos na seção 4.6. Alguns profissionais fizeram várias comunicações com a rede servidora, e além de responderem ao formulário final, sentiram-se inclinados em conhecer mais suas máquinas, outros sistemas operacionais, em testar configurações diferentes, considerarem o *Jack* e o *JackTrip* como ferramentas viáveis para si, mantendo-as instaladas.

Avaliamos de forma positiva a maneira com que os participantes conseguiram expressar suas observações, dificuldades e como demonstraram ser capazes de transmitir o conhecimento adquirido na experiência.

4.6 Comunicação

4.6.1 Validação por profissionais

A validação do artefato proposto foi feita a partir das respostas coletadas pós período de testes com profissionais da música. A resposta positiva e andamento fluente da experiência se deram devido à organização e cumprimento das etapas sugeridas no método DSR.

A participação dos professores de música e músicos práticos foi feita de forma voluntária e os formulários respondidos de forma anônima. Diante a evasão no período ativo de testes, foi observado, como apontado da seção 2.2 deste trabalho, que maior que a resistência dos profissionais em experimentar ferramentas novas, é o receio de não conseguirem realizar as ações de instalação e configuração necessárias, e serem julgados por isso. A opção de coletar os dados sem identificação pessoal teve o objetivo de deixar os profissionais confortáveis para responderem as questões, principalmente abertas.

A seguir veremos alguns dados dos participantes e *feedbacks* sobre a experiência, estando o formulário completo disponível nos apêndices desta dissertação.

Tivemos a participação de doze profissionais das respectivas esferas de ensino:

Federal	Estadual	Privada
54,5%	9,1%	36,4%

Os sistemas operacionais utilizados ao longo dos testes foram:

Windows	Linux	IOS/Mac
63,6 %	27,3%	9,1%

Autoavaliação do conhecimento em computação ou informática a partir de experiências anteriores.

Pouca	Razoável	Avançado
22,2%	44,4%	33,3%

Existência de dificuldades quanto aos processos de instalação e configuração do *Jack* e do *JackTrip*.

	Sim	Não
Instalação	27,3%	72,7%
Configuração	27,3%	72,7%

* Neste ponto do formulário, as pessoas que encontraram dificuldades descreveram quais ações foram realizadas para a resolução da mesma.

Se houve preferência na qualidade de áudio entre os modos P2P e HUB

Sim	Não
45,5%	54,5%

Se consideraram a experiência síncrona.

Síncrona	Atrasos mínimos	Muito atrasado
72,7%	27,3%	0%

Da possibilidade do *Jack* e *JackTrip* serem utilizados em suas demandas laborais.

Sim	Não	Talvez
100%	0%	0%

Se conseguiriam transmitir o conhecimento adquirido.

Sim	Não	Sim, com o material de apoio
45,5%	0%	54,5%

Quanto ao nível de dificuldade computacional exigidos pelas ferramentas

Baixo	Intermediário	Alto
63,6%	36,4%	0%

O formulário encerrava com os profissionais descrevendo, com suas palavras, como fizeram a instalação das ferramentas e como iniciar uma transmissão P2P em modo cliente.

Devido à limitação de tempo e de *budget*, não foi possível realizar testes com todos os participantes fazendo uso de máquinas mais novas com portas seguindo os padrões *Gigabit Ethernet*, que oferecem velocidades de 10/100/1000Mb/s. Isso faz uma diferença considerável, pois mesmo que o provedor de internet possa oferecer um pacote de 400Mbps, por exemplo, em uma máquina com porta do tipo *Fast Ethernet*, o máximo de taxa de transmissão será de 100Mb/s.

Acreditamos ser propícia criação de um projeto de pesquisa para dar seguimento às informações contidas neste trabalho, em um cenário perfeito com máquinas otimizadas e velocidade de conexão compatível com a capacidade de *Hardware* disponível. Estes dados seriam valiosos para embasar a montagem de ambientes próprios para a transmissão de áudio em tempo real.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa de mestrado, acreditamos ter construído um trabalho consonante entre o referencial teórico desenvolvido e a aplicação prática do artefato proposto. A escrita teve como foco a comunicação com músicos, intérpretes ou professores de música, independente de suas habilidades computacionais.

Observando os problemas recorrentes enfrentados por profissionais da música ao realizarem suas atividades de forma remota, sobremaneira durante o período de isolamento social provocado pela pandemia de Covid-19, foi possível identificar os principais pontos que necessitavam de solução rápida e prática para melhorar a experiência laboral desse público.

Lidar com latência, *Buffer*, microfonia, perda de sensibilidade quanto às dinâmicas e atraso na comunicação por vídeo, muitas vezes sem conhecer as causas dessas situações, tornou as atividades musicais de performance e ensino remotos difíceis.

Na busca por uma solução que fosse gratuita, funcionasse nos sistemas operacionais mais populares, construída especificamente para o trabalho com música e que permitisse a transmissão de áudio sincronicamente, encontramos as ferramentas *Jack* e *JackTrip*.

A partir das diretrizes apontadas pelo método de pesquisa *Design Science Research* (DSR), foi possível organizar as etapas necessárias para a idealização e desenvolvimento de um artefato até validação do mesmo por profissionais. O artefato deveria ser constituído de uma solução prática, para resolver problemas práticos de uma comunidade, no nosso caso, a dos profissionais da música.

Ao longo do desenvolvimento teórico, foi possível apontar um paralelo entre a experiência prática dos participantes com as ferramentas *Jack* e *JackTrip* e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Partindo do pressuposto da teoria, nenhum dos participantes iniciaria a experiência sem saber de nada de tecnologia. Todos em algum momento tiveram contato com ferramentas tecnológicas, por mais simples que fossem, e este conhecimento prévio seria o *subsunçor* para a construção do novo conhecimento. Com a realização dos testes, tivemos sucesso na comunicação em tempo real com áudio descompactado, nos modos P2P e HUB.

Como visto na seção 3.1, o *JackTrip* foi desenvolvido para funcionar em redes acadêmicas, sendo constantemente apontado como uma ferramenta difícil de ser utilizada por

profissionais sem conhecimento avançado de redes. Diante dessa premissa, um dos momentos mais animadores da pesquisa foi a realização do procedimento de *Portfowarding*, feito por um profissional de música sem conhecimentos prévio de redes.

As etapas do procedimento de *Portfoward* não foram incluídas no trabalho, pois, como descrito na seção 3.2, ele pode não ser gratuito em alguns provedores. Para esta pesquisa, foi pedida e concedida a autorização do provedor para a realização do procedimento, que não constava como um de seus serviços.

Como sugestão de melhoria à ferramenta *JackTrip*, apontamos a necessidade de um modo de segurança mais intuitivo para a liberação do acesso às chamadas, semelhante ao que temos no *Googlemeet*. A opção de segurança oferecida ao longo do tempo dessa pesquisa não mostra praticidade, e sem ela, um usuário com o endereço de IP da rede servidora pode acessar uma transmissão em modo HUB, por exemplo, sem aviso prévio, surpreendendo aos outros participantes que podem estar em ensaio ou performance.

A sinalização de parâmetros divergentes entre as máquinas envolvidas na transmissão também otimizariam o tempo dispensado nas configurações iniciais.

Seria de grande valia a elaboração de um *shell script* com as etapas desde a otimização para o trabalho com áudio em tempo real até a instalação dos *softwares* *Jack* e *JackTrip*. Desta maneira o profissional poderia dedicar-se mais às configurações, deixando o processo mais fácil.

Acompanhamos ao longo da leitura, que problemas como taxas de *Download* e *Upload* desfavoráveis à transmissão e falta de interface gráfica já foram resolvidos. Atualmente o *JackTrip* conta com uma interface gráfica simples, intuitiva e disponível para os sistemas operacionais populares utilizados na pesquisa.

Baseado nisso, sugerimos para estudos futuros o impacto da tecnologia 5G e a gradual substituição da tecnologia das portas de rede padrão RJ45 antigas, onde a capacidade máxima suportada por seus sistemas não ultrapassa 100MBs, para tecnologias mais novas com a *Gigabyte Lan* que pode receber conexões de até 1 Gbs, poderão propiciar uma melhorias significativa no uso dessas ferramentas para cursos superiores e dos músicos que precisem desse serviço.

Para usuários do sistema Linux, é importante acompanhar o processo de transição do *Pulseaudio* ou *JACK* para o *PipeWire* no trabalho com áudio Linux. À medida que a aplicação tornar-se estável em mais distribuições Linux, será natural a mudança dos usuários para o *PipeWire* em seus sistemas. Embora sejamos cientes desse movimento na comunidade Linux, por

tratar-se de um momento transitório, optamos por manter o trabalho no padrão *JackSync-Pulseaudio* e ALSA comum às máquinas participantes da pesquisa.

Como apontamento final, percebemos que a música em rede tem potencial democratizante no ensino e no fazer musical, desde que haja preparação de equipamentos e espaços para sua execução, assim como é em qualquer atividade musical presencial.

Desejamos que esta pesquisa possa inspirar e auxiliar profissionais da música na busca por novas possibilidades de trabalho, e que sirva de base aos que erroneamente acreditam não saber nada de tecnologia. A computação e a música são possíveis para todos.

REFERÊNCIAS

ABREU, N. S. Aprendizagem Significativa nos documentos oficiais nacionais, com ênfase para Ciências e ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**. Edição v. 16, Ed. 1, 2016. ISSN: 1984-6290. Acesso em 01 de Maio de 2023.

ALPA, D. **Raciocínio Abduativo, indutivo e dedutivo**. Disponível em <https://davidalpa.com/blog/raciocinio-abduativo-indutivo-e-dedutivo/>. Acesso em 14 de julho de 2022.

BARBOSA, A.; CARDOSO, J. **Ritmo Musical Adaptável à Latência de Rede no Sistema Public Sound Objects**. 2005. 8 p. ARTECH, 2º WORKSHOP LUSO-GALAICO DE ARTES DIGITAIS: nas fronteiras do imaginário. XIII Bienal de Cerveira, Fórum Cultural de Cerveira, Vila Nova de Cerveira, Portugal, Livro de Actas do Artech, 2005.

BÓSON, **TREINAMENTO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. Curso de Redes - Protocolo UDP, 2016. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/curso-de-redes-protocolo-udp-user-datagram-protocol/> Acesso 10 de Fevereiro de 2023.

CÁCERES, J.; CHAFE, C. **JackTrip: Under the hood of an engine for network audio**. Journal of New Music Research, v. 39, n. 3, p. 183-187, 2010.

DOWNLOADING JACK. **JACK Audio Connection Kit**. Disponível em: <https://jackaudio.org/downloads/> Acesso em 04 Dezembro 2021

DRESCH, A.; LACERDA, D. P., JUNIOR, J. A. V. A.. **Design science research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

DRIESSEN, P.; DARCIE, T.; PILLAY, B. **The Effects of Network Delay on Tempo in Musical Performance**. Publicado no Computer Music Journal, 35:1, p. 76–89, Massachusetts, 2011.

FOSDEM. Wim Taymans, 2023. Disponível em https://fosdem.org/2023/Schedule/speaker/wim_taymans/ Acesso em 13 de Julho de 2023.

FUCCI AMATO, R. **O canto coral como prática sócio-cultural e educativo-musical**. OPUS - Revista Eletrônica da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM). Goiânia, v. 13, n. 1, p. 75-96, 2007.

G. Ariane. Como Usar o Comando Ping no Linux, 2023. Disponível em <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/comando-ping-linux>). Acesso 15 de Maio de 2023.

GITHUB. Music-daw, 2020. Disponível em: <https://github.com/joao4linux/music-daw> Acesso 16 de Abril de 2023.

GITLAB. PipeWire. Disponível em: <https://gitlab.freedesktop.org/pipewire/pipewire> Acesso em 03 de Julho de 2023.

IORWERTH, M. A.; KNOX, D. **The application of networked music performance to access ensemble activity for socially isolated musicians**. In: PROCEEDINGS OF THE WEB AUDIO CONFERENCE 2019–DIVERSITY IN WEB AUDIO. 2019.

JACKTRIP FOR LINUX. **Instructions for installing Jack and JackTrip** Disponível em: <https://ccrma.stanford.edu/software/jacktrip/linux/index.html> Acesso em 05 dez 2021

LAKIOTAKIS, E.; LIASKOS, C.; DIMITROPOULOS, X. **Improving networked music performance systems using application-network collaboration**. Concurrency and Computation: Practice and Experience, v. 31, n. 24, p. e4730 (1-20), 2019.

MILLS, R. **Tele-Improvisation: Intercultural Interaction in the Online Global Music Jam Session**. 1. ed. Austrália: University of Technology Sydney. Springer International Publishing, 214 p., 2019.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro, 2006.

O'CONNOR, Mike. **JackTrip – Hub-Mode server options**. 2020. Disponível em; <https://www.haven2.com/index.php/archives/jacktrip-hub-mode-server-options>. Acesso em 30 de abril de 2023.

OLHAR DIGITAL, **Como descobrir o melhor dns para acelerar sua conexão**, 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2018/05/24/dicas-e-tutoriais/como-descobrir-o-melhor-dns-para-acelerar-sua-conexao> Acesso 11 de Fevereiro de 2023.

OLIVEIRA, F. B. T. xDSL - Digital Subscriber Line. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em:

[https://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/xdsl/#:~:text=O%20DSL%20\(Digital%20Subscriber%20Line,uma%20simples%20fala%20\(dados\).](https://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/xdsl/#:~:text=O%20DSL%20(Digital%20Subscriber%20Line,uma%20simples%20fala%20(dados).) Acesso em 26 de Julho de 2022.

PEFFERS, K. **A design science research methodology for information systems research.** Journal of Management Information Systems, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PIPEWIRE. PipeWire, 2022. Disponível em <https://pipewire.org>. Acesso em 02 de Julho de 2023.

REIS, Fábio dos. Protocolo UDP (User Datagram Protocol) <http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/curso-de-redes-protocolo-udp-user-datagram-protocol/>, Boson treinamentos em ciência e tecnologia, 2016. Acesso 14 de julho de 2022.

ROTTONDI, C. An Overview on Networked Music Performance Technologies. IEEE Access, v. 4, p. 8823–8843, 2016.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa. Tradução de Daisy Vaz de Moraes.** 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. 624 p.

SILVA, F. A. F. **Processos e Camadas da música em rede.** Dissertação de Mestrado, 2016, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - UFMG, 2016. 114 p.

SILVA, G. B. S. **Performance de música em rede: avaliação e análise de ferramentas e propostas de aprimoramento de usabilidade.** Dissertação de Mestrado, 2019, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: UFPB, 2019. 72 p. The better Distro Kernell. Disponível em <https://liquorix.net/> Acesso em 04 de dezembro de 2021.

TOMIYOSHI, M. M. **Performances musicais distribuídas através de internet residencial.** Dissertação de Mestrado, 2013, Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2013. 112 p.

TORRES, N. G. P. **Música em rede: um paradigma espacial na composição e na performance.** Dissertação de Mestrado, 2018. FCSH – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018. 81 p.

WYATT, A. JackTrip Releases. Disponível em: <https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases> Acesso em 04 dez 2021 XanMod Kernel. Disponível em: <https://xanmod.org/> Acesso em 04 de dezembro de 2021 DNS Jumper: Use o servidor de DNS mais rápido. Disponível em:

<https://pplware.sapo.pt/software/dns-jumper-use-servidor-dns-rapido/> Acesso em 08 de fevereiro de 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Coleta de dados via formulário Google

Seguem abaixo, as perguntas e opções de respostas contidas no escopo do formulário disponibilizado aos participantes da pesquisa, referentes à sua experiência utilizando o *Jack* e o *JackTrip*.

1 - Em qual esfera de ensino você atua no momento?	Respostas: Municipal, Estadual, Federal ou Privada.
Usuário 1	Privada
Usuário 2	Federal
Usuário 3	Privada
Usuário 4	Federal
Usuário 5	Federal
Usuário 6	Estadual
Usuário 7	Privada
Usuário 8	Federal
Usuário 9	Federal
Usuário 10	Federal
Usuário 11	Privada
Usuário 12	Privada
2 - Qual sistema operacional você utilizou durante a experiência com o Jack e JackTrip?	Respostas: Windows, Linux ou IOS.
Usuário 1	Windows
Usuário 2	Windows
Usuário 3	Windows
Usuário 4	Linux
Usuário 5	Linux
Usuário 6	Linux
Usuário 7	Windows
Usuário 8	Windows
Usuário 9	Windows

Usuário 10	Windows
Usuário 11	IOS/Mac
Usuário 12	Windows
3 - Você utilizou interface de áudio e microfone, ou utilizou o microfone e placa On board da sua máquina?	Respostas: Interface e microfone ou somente <i>On board</i>.
Usuário 1	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 2	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 3	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 4	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 5	Interface e microfone
Usuário 6	Interface e microfone
Usuário 7	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 8	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 9	Interface e Microfone
Usuário 10	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 11	Somente recursos <i>On board</i>
Usuário 12	Somente recursos <i>On board</i>
4 - Já teve experiências de instalação e/ou manipulação de aplicativos, programas ou outras ferramentas para ministrar aulas de música, ensaiar grupos, editar áudios ou fazer qualquer trabalho com música?	Respostas: Sim ou Não
Usuário 1	Não
Usuário 2	Sim
Usuário 3	Sim
Usuário 4	Sim
Usuário 5	Sim
Usuário 6	Sim
Usuário 7	Sim
Usuário 8	Não
Usuário 9	Sim
Usuário 10	Não
Usuário 11	Sim

Usuário 12	Sim
5 - Em caso afirmativo, quanto você acredita ter de conhecimento em computação ou informática, a partir do que aprendeu com as ferramentas computacionais que já utilizou?	Respostas: Pouco, Razoável ou Conhecimento avançado
Usuário 1	--
Usuário 2	Razoável
Usuário 3	Razoável
Usuário 4	Conhecimento avançado
Usuário 5	Razoável
Usuário 6	Conhecimento avançado
Usuário 7	Conhecimento avançado
Usuário 8	Pouco
Usuário 9	Razoável
Usuário 10	--
Usuário 11	Pouco
Usuário 12	Pouco
6 - Com relação ao <i>Jack</i> e ao <i>JackTrip</i>, no processo de instalação houveram dificuldades?	Respostas: Sim ou Não
Usuário 1	Não
Usuário 2	Não
Usuário 3	Não
Usuário 4	Não
Usuário 5	Sim
Usuário 6	Não
Usuário 7	Sim
Usuário 8	Não
Usuário 9	Sim
Usuário 10	Não
Usuário 11	Não
Usuário 12	Sim
7 - Com relação ao <i>Jack</i> e ao <i>JackTrip</i>, no processo configuração houveram	Respostas: Sim ou Não

dificuldades?	
Usuário 1	Não
Usuário 2	Sim
Usuário 3	Sim
Usuário 4	Não
Usuário 5	Não
Usuário 6	Não
Usuário 7	Não
Usuário 8	Sim
Usuário 9	Não
Usuário 10	Não
Usuário 11	Não
Usuário 12	Sim
8 - Em caso positivo, como foram resolvidas?	Resposta: Aberta
Usuário 1	--
Usuário 2	O sample rate sincronizaram depois de tentativa e erro. O Windows bloqueou o uso do microfone e fiquei fora de metade do teste, o que se resolveu reiniciando o windows
Usuário 3	Seguindo as recomendações de instalação orientadas pelo manual e pelo instrutor
Usuário 4	--
Usuário 5	O meu professor entrou em vídeo chamada e me orientou a cerca dos possíveis erros que eu estava cometendo por pura falta de atenção ao caminho que professor tinha colocado pra eu fazer
Usuário 6	--
Usuário 7	Necessário ter baixado o arquivo .msi direto do github para a execução do Jack trip corretamente. O arquivo fornecido na página inicial do Jack trip não funcionou na minha máquina
Usuário 8	Foi resolvido através de um tutorial feito pelo professor Alexandre
Usuário 9	No caso da instalação, localização da pasta de instalação no sistema windows

Usuário 10	--
Usuário 11	--
Usuário 12	O sample rate sincronizaram depois de tentativa e erro
9 – Durante a transmissão, houve preferência na qualidade do áudio entre os modos P2P e HUB?	Respostas: Sim ou Não
Usuário 1	Sim
Usuário 2	Não
Usuário 3	Não
Usuário 4	Sim
Usuário 5	Não
Usuário 6	Não
Usuário 7	Não
Usuário 8	Sim
Usuário 9	Sim
Usuário 10	Não
Usuário 11	Sim
Usuário 12	Não
10 - Quanto à sincronia, você considera que sua experiência foi:	Respostas: Síncrona, Atrasos mínimos ou muito atrasado.
Usuário 1	Síncrona
Usuário 2	Síncrona
Usuário 3	Síncrona
Usuário 4	Síncrona
Usuário 5	Síncrona
Usuário 6	Síncrona
Usuário 7	Síncrona
Usuário 8	Síncrona
Usuário 9	Atrasos mínimos
Usuário 10	Atrasos mínimos
Usuário 11	Atrasos mínimos
Usuário 12	Síncrona

11 - Você considera que as ferramentas <i>Jack</i> e ao <i>JackTrip</i> tem potencial para serem utilizadas em suas demandas laborais?	Respostas: Sim, Não ou Talvez
Usuário 1	Sim
Usuário 2	Sim
Usuário 3	Sim
Usuário 4	Sim
Usuário 5	Sim
Usuário 6	Sim
Usuário 7	Sim
Usuário 8	Sim
Usuário 9	Sim
Usuário 10	Sim
Usuário 11	Sim
Usuário 12	Sim
12 - Você conseguiria transmitir o conhecimento sobre Jack e ao JackTrip ao qual você teve acesso nessa experiência?	Respostas: Sim, Não ou Sim, com material de apoio.
Usuário 1	Sim, com o material de apoio
Usuário 2	Sim, com o material de apoio
Usuário 3	Sim
Usuário 4	Sim
Usuário 5	Sim
Usuário 6	Sim
Usuário 7	Sim, com o material de apoio
Usuário 8	Sim, com o material de apoio
Usuário 9	Sim, com o material de apoio
Usuário 10	Sim, com o material de apoio
Usuário 11	Sim
Usuário 12	Sim, com o material de apoio
13 - Quanto ao nível de dificuldade computacional exigidos pelas ferramentas <i>Jack</i> e <i>JackTrip</i>, você considerou:	Respostas: Baixo, Intermediário ou Alto.
Usuário 1	Baixo
Usuário 2	Baixo

Usuário 3	Intermediário
Usuário 4	Baixo
Usuário 5	Baixo
Usuário 6	Intermediário
Usuário 7	Baixo
Usuário 8	Baixo
Usuário 9	Baixo
Usuário 10	Intermediário
Usuário 11	Intermediário
Usuário 12	Intermediário
14 - Você gostaria de fazer uma performance de música em rede utilizando o <i>Jack</i> e o <i>JackTrip</i>?	Respostas: Sim ou Não
Usuário 1	Sim
Usuário 2	Sim
Usuário 3	Não
Usuário 4	Sim
Usuário 5	Sim
Usuário 6	Sim
Usuário 7	Sim
Usuário 8	Sim
Usuário 9	Sim
Usuário 10	Não
Usuário 11	Sim
Usuário 12	Sim
15 - Explique brevemente, com suas palavras, como fez a instalação do <i>Jack</i> e do <i>JackTrip</i>, e como fazer para iniciar uma transmissão P2P, modo Cliente.	Resposta: Aberta
Usuário 1	Depois de baixar os dois programas e instalá-los, ligando um depois do outro e fazendo as configurações para que todos os participantes estivessem na mesma taxa de transmissão o microfone ficou habilitado e os alto-falantes saíram um som claramente.
Usuário 2	--

Usuário 3	Segui todos os passos do manual de instalação que me foi passado. Baixei o software, instalei normalmente na minha máquina, sem dificuldades. A questão da configuração foi um pouco mais complexa, pois envolveu a habilidade dos outros usuários do experimento, e nem todos souberam configurar prontamente, para que houvesse a perfeita comunicação entre todos. No final, deu tudo certo e percebemos o quanto a ferramenta é fantástica!
Usuário 4	Um amigo levantou o serviço na universidade, já que tinha um IP público, e eu segui as orientações do manual em https://ccrma.stanford.edu/software/jacktrip/linux/index.html para sistemas baseados em Debian. Não tive nenhuma dificuldade.
Usuário 5	--
Usuário 6	Seguindo o manual disponibilizado, fiz o download do jack, em seguida do jack trip e utilizei as configurações fornecidas. A conexão se estabeleceu de forma contínua e síncrona, se mostrando uma ótima ferramenta para execução musical em rede.
Usuário 7	Procurei no Google por: “Jack windows download” e acessei o primeiro site, baixei o arquivo executável para windows. Depois fiz uma pesquisa semelhante para jacktrip e acessei o Github deles para baixar o arquivo de instalação. Executei o arquivo do jack, configurei de acordo com o PDF de apoio e startei o sistema. Depois abri o Jacktrip e em chamada com a professora Merlia através do meet, conectei via P2P no Jack trip com endereço do Pc dela.
Usuário 8	Minha experiência se resumiu a um ensaio durante o período da pandemia, já não me recordo do procedimento.
Usuário 9	Através dos links de instalação foi possível baixar o jack e o Jack Trip, que foram instalados nessa ordem. Logo após apertar Start e Play no Jack, iniciava a conexão no Trip.
Usuário 10	--
Usuário 11	Simples e objetiva, após fazer os downloads dos arquivos a instalação era concluída a partir da

	execução dos mesmos.
Usuário 12	--

APÊNDICE B – Palestra de recrutamento para os teste com JackTrip, no VII Encontro de Trombonistas da Paraíba

FIGURA 10 – COMPONENTES PRESENTES NA PALESTRA DE RECRUTAMENTO



Fonte: A autora da pesquisa

FIGURA 11 – BANNER DO VII ENCONTRO DE TROMBONISTAS DA PARAÍBA



Fonte: A Autora da pesquisa

APÊNDICE C – Diretrizes para a instalação e configuração básica do Jack e JackTrip

FIGURA 12 – TUTORIAL MÚSICA EM REDE, JACK E JACKTRIP

TUTORIAL MÚSICA EM REDE JACK E JACKTRIP

Links de instalação

Jackaudio
<https://jackaudio.org/downloads/>

JackTrip para Windows:
<https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases/download/v1.8.1/JackTrip-v1.8.1-Windows-x64-installer.msi>

JackTrip para Linux:
<https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases/download/v1.8.1/JackTrip-v1.8.1-Linux-x64-binary.zip>

JackTrip para MacOS:
<https://github.com/jacktrip/jacktrip/releases/download/v1.8.1/JackTrip-v1.8.1-macOS-x64-installer.pkg>

TUTORIAL MÚSICA EM REDE – JACK E JACKTRIP

3. CONFIGURANDO O JACKTRIP

Com o JackTrip aberto:

- . Inserir o número de IP da rede servidora
- . Run JackTrip as para clientes: P2P Client (2 pessoas)
- . Run JackTrip as para clientes: Hub Client (grupo)
- . Run JackTrip as para servidores: P2P Server
- . Run JackTrip as para clientes: Hub Server

Na aba *Advanced options*, seguir a configuração básica sugerida na imagem abaixo:

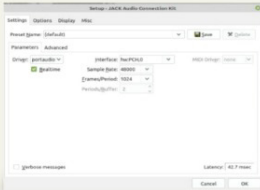


1. INSTRUÇÕES PÓS INSTALAÇÃO

- . O computador deve estar conectado ao Cabo Ethernet
- . Wi-Fi desligado
- . Abrir, configurar e ligar o Jackaudio
- . Abrir, configurar e ligar o JackTrip

2. CONFIGURANDO O JACK

Com o Jack aberto, clicar em Setup.



No Setup, selecionar o Driver:

- . portaudio para Windows
- . ALSA para Linux
- . coreaudio para MacOS

Sample Rate:

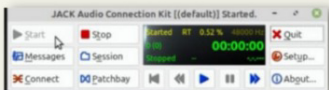
- . Clicar na seta e selecionar 48000

Frames/Period:

- . Clicar na seta e selecionar 1024
- . Clicar em Save e OK
- . Clicar em Start e o Play abaixo

Caso hajam atrasos durante a transmissão, diminuir o valor de Frames/Period e testar gradativamente

Jackaudio ligado - O cronômetro será ativado



Universidade Federal da Paraíba
Elaboração: Dr. Alexandre Magno e Silva Ferreira; Merlia Helen Faustino da Silva

Universidade Federal da Paraíba
Elaboração: Dr. Alexandre Magno e Silva Ferreira; Merlia Helen Faustino da Silva