



## **APERFEIÇOAMENTO E APLICAÇÃO DE DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO E REPRODUÇÃO DE ÁUDIO MULTICANAL EM AMBIENTE DE IMERSÃO SONORA PARA REGISTROS MOVEIS E CRIAÇÃO ARTÍSTICA**

**Palavras-Chave:** [Criação artística], [Imersão sonora], [Som multicanal]

**Autores/as:**

**PABLO CONTIJO [IA - UNICAMP]**

**Prof.Dr. JOSÉ AUGUSTO MANNIS [IA - UNICAMP]**

---

### **INTRODUÇÃO:**

O projeto visava em sua proposição inicial fazer ajustes para uso externo no equipamento de captação sonora multicanal em desenvolvimento desde 2017 por José Augusto Mannis no LASom – Laboratório de Acústica e Artes Sonoras/ DM/IA/Unicamp em parceria com o Laboratório de Sinais, Multimídia e Telecomunicações – SMT/COPPEUFRJ numa pesquisa financiada pelo Edital Universal CNPq. Os principais ajustes previstos eram desacoplar mecanicamente os microfones do suporte de proteção de vento bem como do aro de fixação dos mesmos e do pedestal de microfone que suporta todo o sistema de microfones. Com o dispositivo implementado seriam, então, feitos experimentos e ensaios em ambientes externos realizando gravações com todo o sistema de captação sonora em movimento, de maneira a captar imagens sonoras buscando identificar os principais elementos que atuam na impressão de deslocamento que se pode ter na excuta posterior em estúdio. E, finalmente, criar-se-ia um objeto artístico atento a questões técnicas e estéticas que o uso dispositivo implementado levantaria, aplicando recursos de movimentos e gestos sonoros, buscando processos para ter clareza na sobreposição de dois ambientes acústicos distintos. Entre as aplicações artísticas contávamos em gravar performances musicais explorando através do deslocamento do sistema de captação um recurso de escritura musical espacial. De maneira geral, estaríamos também atentos às sensações causadas no ouvinte em estúdio pela trajetória da matéria sonora no interior de espaço de escuta, no sweet spot do sistema de caixas de som.

Esta proposta inicial, no entanto, foi muito prejudicada pela reclusão social em decorrência da pandemia global de COVID-19, trazendo impedimentos de todas as sortes, como mudança de cidade devido a condições financeiras e, apesar do esforço para a retomada das atividades laboratoriais, o pesquisador responsável e o aluno não conseguiram acesso ao laboratório ao mesmo tempo, e como o aluno não tem preparo suficiente para fazer os ajustes em laboratório no equipamento sem a supervisão simultânea do docente, as atividades laboratoriais foram impedidas.

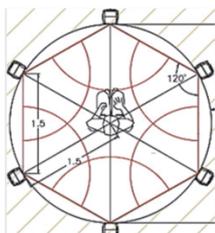
O escopo do trabalho científico foi então redimensionado à realização de revisão bibliográfica e criação artística, ou seja, as atividades antes previstas no projeto que seriam compatíveis com atuação à distância.

Dentro da revisão bibliográfica foram consultadas publicações de autoridades atuais como Agnieszka Roginska, Paul Geluso, F. Rumsey, John C. Middlebrooks, Davis M. Green, Juha Merimaa e F. E. Henriksen sobre tópicos funcionamento da audição humana no âmbito percepção espacial de som, psicoacústica espacial, aspectos acústicos da localização sonora por ouvintes humanos, aplicações de técnicas multicanais estendidas (técnicas de ilusão sonora espacial), processamento de sinal multicanal, funcionamento de outros sistemas de imersão sonora

multicanal e espaço espectral (aspectos espectrais do som como indicadores para localização sonora).

A parte da criação artística envolveu incorporar na realização da peça produto deste trabalho conceitos, procedimentos, técnicas e conhecimentos adquiridos durante a revisão bibliográfica. Esse produto artístico final foi desenvolvido para reprodução em seis canais, especificamente para o sistema de escuta em laboratório para a reprodução de gravações de áudio multicanal em ambiente de imersão sonora desenvolvido pelo LASom.

Figura do sistema de escuta:



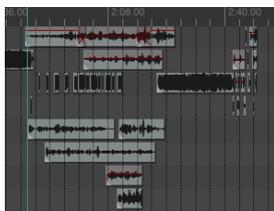
## METODOLOGIA:

A captação sonora para a realização da peça produto deste trabalho foi efetuada de duas maneiras: (1) com um microfone AKG Perception 420 conectado a uma interface de áudio Roland DUO-CAPTURE EX (gravações em um canal – mono); (2) com um gravador Tascam Dr-40x, em captação estéreo coincidente (tipo X-Y) ou em alguns casos, em mono. A espacialização requerida pela natureza deste projeto seria implementada posteriormente em pós produção.

Foram captados (a) micro sons (captações de extrema proximidade de sons ínfimos), improvisações com (b) corpos sonoros (materiais e objetos de natureza extra musical) e (c) com instrumentos musicais.

Usamos a *digital audio workstation Reaper* na pós produção da criação musical na qual foi montada a peça a partir do material captado.

Para a manipulação espacial dos sons durante a mixagem foi usado o *plugin ATK for Reaper* operando em *ambisonics* (espacialização por intensidades) customizado para ser compatível com o dispositivo multicanal desenvolvido no LASom, a saber, 6 fontes sonoras dispostas circularmente em ângulos de 60o em torno do sweet spot.



Um dos principais princípios aplicados para a criação da peça sonora foi o da tipo-morfonologia dos objetos sonoros e das propriedades perceptivas do som conforme apresentados por Pierre Schaeffer no *Traité des objets musicaux* (SCHAEFFER, 1966) e *Solfège de l'objet sonore* (SCHAEFFER, 1966). Desta maneira implementamos neste trabalho recursos para uma escritura artística compreendendo também sons usualmente considerados extra-musicais.

Através da revisão bibliográfica conhecemos diversas técnicas aplicadas atualmente para obter imersão sonora, seja por intensidade (Ambisonics), fase/atraso (Wave Field Synthesis), captação/simulação binaural (HRTF) e pudemos identificar a originalidade do sistema

desenvolvido no LASom, sobretudo por combinar simultaneamente recursos de espacialização por intensidade e por fase/atraso. Salientamos que o sistema desenvolvido no LASom possui, assim como Ambisonics e tecnologia binaural, de um sistema integrado de captação de ambientes sonoros em condição imersiva. A revisão bibliográfica também estabeleceu que inúmeras técnicas de mixagem em ambiente de imersão sonora multicanal podem ser aplicadas na utilização do sistema do LASom a fim de atingir os efeitos de sobreposição de ambientes sonoros, com movimento das fontes sonoras e sua localização instantânea entre as caixas do sistema de escuta.

O significado comum de imersão em áudio e acústica se refere à sensação psicológica de estar envolvido por fontes sonoras em um ambiente acústico, como especificam Roginska e Geluso (2018). Para explorar essa sensação de envolvimento na realização da obra produto deste trabalho foram utilizadas diferentes metodologias e técnicas:

(1) Colocar um sinal idêntico entre dois falantes e retardando um dos dois em até 20 milissegundos explora o efeito de precedência, mudando a percepção da localização da fonte para o falante que reproduz o som em adiantamento. Esta técnica é ainda mais efetiva e realista quando aliada a efeitos de filtragem, como: (a) uma suave subtração nas parciais mais altas ou (b) ganho nas baixas frequências emulando a perda de energia das frequências altas difratadas ao redor da cabeça do ouvinte.

Um processamento reverso possível é obter a partir de um sinal estéreo em dois canais suas componentes equivalentes à captação M-S.

NA figura abaixo o produto final da captação é a reprodução estereo L-R.

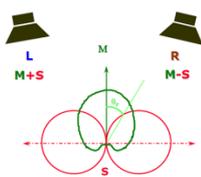
O processo reverso consiste em tomar um L-R e proceder a:

$$L+R = M \text{ (middle information)}$$

$$L-R = S$$

Sendo que o sinal +/- corresponde a uma inversão de fase do sinal (180°)

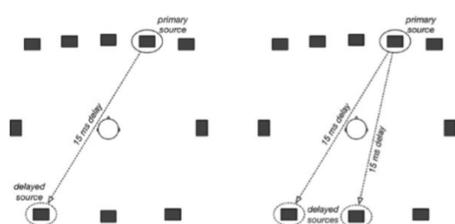
Processamentos por interferência através de *soma* ou *diferença* de sinais (conhecidos também como *mid/side* ou M/S) que permitem *excluir* ou *manter*



elementos idênticos entre ambos os sinais. Desta maneira a informação *central* entre os dois sinais será evidenciada e reproduzida por dois falantes distintos. A informação comum entre os sinais *L* e *R* aparecerá ao centro da imagem sonora, entre dois autofalantes, em estéreo, e pode ser referida como *middle information* (M).

Uma maneira simples de combinar a decodificação M/S para ter efeito de espalhamento da fonte sonora em mais de dois canais é aplicando um filtro, ou grupos de filtros, como por exemplo, *high pass* e *band pass* em um lado e *band pass* e *low pass* em outro e depois distribuir o som por autofalantes adjacentes. O resultado é um aumento na sensação de espacialidade e envolvimento do ouvinte, mantendo o sinal *M* em um único falante, e todos os demais reproduzindo o sinal *S*. Segundo Roginska e Geluso (2018), o espalhamento sem os cuidados com filtros pode resultar em problemas de fase.

A aplicação das técnicas de espalhamento acima descritas em falantes diagonalmente posicionados ou não adjacentes pode puxar o som para dentro do ambiente ao invés de o posicionar na periferia. Desde que os dois falantes em uso estejam em suficiente proximidade para criar uma fonte coerente, a imagem pode movimentar-se em qualquer direção do ambiente de imersão sonora.



(ROGINSKA; GELUSO, 2018, p.343)

Para criar a sensação de profundidade e percepção de distância alguns fatores podem contribuir, como veremos a seguir. Analisando a característica dos sons em relação à distância da fonte sonora: um som *afastado do ouvinte* será (a) mais fraco, ou seja, menor amplitude, terá (b) menos frequências altas (acima de 1800 Hz), devido à absorção do ar, (c) será mais reverberante em ambiente refletivos e (d) haverá uma reflexão atenuada pelo chão. (RUMSEY, 2001, p.35)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O principal resultado do trabalho foi a criação de uma obra artística (demonstração em estéreo disponível em <https://soundcloud.com/pablo-contijo/na-gaveta-do-hermeto>) desenvolvida especificamente para ser executada no dispositivo de captação e reprodução de áudio multicanal em ambiente de imersão sonora desenvolvido no LASom. Uma obra atenta às questões estéticas que a própria anatomia do aparelho levanta e utilizando publicações das autoridades mais recentes em dispositivos multicanais de imersão sonora.

Considerando o funcionamento da percepção espacial na audição humana, características acústicas e psicoacústicas do som relacionadas à localização espacial, e principalmente técnicas de mixagem, filtragem e processamento de sinal mais utilizadas pelos especialistas que trabalham com técnicas de imersão sonora foi feito um trabalho que aplica técnicas de outros dispositivos de imersão sonora já consagrados no mercado agora aplicadas ao dispositivo do LASom.

## CONCLUSÕES:

Finalmente, a experimentação do dispositivo de captação e reprodução de áudio multicanal em ambiente de imersão sonora desenvolvido pelo LASom traz uma solução nova para a imersão sonora, se utilizando da técnica de imersão mais popular e difundida, que é a imagem estéreo, reproduzida por seis pontos redor do ouvinte, tendo assim possibilidade da utilização de técnicas de processamento de sinal não só desenvolvidas especificamente para ambiente de imersão sonora, mas também as de imagens estéreo entre os pares de autofalantes.

Outra facilidade do sistema do LASom é o dispositivo incluir um sistema de gravação já adequado à captação de ambiente sonoro, o que lança muitas possibilidades de registro para pesquisas futuras, exemplos: uma procissão, cortejo, bateria de escola de samba, paisagem sonora ou som direto de cinema em movimento (*travelling*), trajeto por paisagem urbana ou natural, deixando registros em alta qualidade e definição com aplicações possíveis em outras áreas como bioacústica, antropologia, etnomusicologia bem como para criação artística.

Técnicas usualmente aplicadas em outros sistemas de imersão sonora também podem ser utilizados no dispositivo de imersão sonora criado pelo LASom, como as filtragens para dar impressão de movimento, extração da soma para ampliar a espalhamento panorâmico entre as

caixas, diferenças em fase para emular o som se movendo no espaço. O estudo da psicoacústica dos sons no espaço também pode ser de imenso valor para a experimentação de criação e simulação de efeitos no dispositivo, estando atento às características espectrais do som conforme a distância, altura, posicionamento, podem indicar como usar o dispositivo para criar ilusão de distância, altura, e emulação de espaços acústicos.

## **BIBLIOGRAFIA**

ROGINSKA, Agnieszka; GELUSO, Paul. Immersive sound : the art and science of binaural and multi-channel audio. Nova Iorque: Routledge, 2018.

RUMSEY, F. Spatial Audio. Oxford: Focal Press, 2001.

MIDDLEBROOKS, John C; GREEN, David M. SOUND LOCALIZATION BY HUMAN LISTENERS. Flórida: Annual Reviewa Inc, 1991.

MERIMAA, Juha. ANALYSIS, SYNTHESIS, AND PERCEPTION OF SPATIAL SOUND – BINAURAL LOCALIZATION MODELING AND MULTICHANNEL LOUDSPEAKER REPRODUCTION. Helsinki: Helsinki University of Technology, Laboratory of Acoustics and Signal Processing, 2006.

HENRIKSEN, F. E. Space in electroacoustic music: composition, performance and perception of musical space. Londres: City University of London, 2002.

DICKREITER, Michael. Handbuchder Tonstudioteknik. 2 v.De Gruyter Saur; Auflage: 7. Bearb. u. erg. 2008  
CONDAMINES, Roland. Cours de relief sonore théorique et appliqué. Paris: Masson, 1978.

MANNIS, J. A. . Ensaio sobre a expansão de atividades

derivadas ou relacionadas à composição musical In:O ofício do compositor hoje. 1. ed.São Paulo :  
Perspectiva. , 2012. , v.1. , p.199-207.

OBICI, G. L. ; FENERICH, Alexandre . Jardim das gambiarras  
chinesas: uma prática de montagem musical e bricolagem tecnológica In:10 Olhares Sobre a Música de  
Hoje: SELEÇÃO DE ARTIGOS APRESENTADOS NO EIMAS. 1. ed.Juiz de Fora : Garzia Edizioni. , 2014. , v.1. , p.  
1-211.

MANNIS, J. A. . Multichannel sound recording applied in  
bioacoustics, sound arts and environmental monitoring: source location and acoustic reconstitution in  
immersive environment. XXIV International Bioacoustic Congress, Campinas.

SHAEFFER, P. Treatise on Musical Objects – An Essay across Disciplines: UNIVESITY OF CALIFORNIA PRESS,  
2017.