



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
ESCOLA DE COMUNICAÇÃO, ARQUITETURA, ARTES E TECNOLOGIAS DA
INFORMAÇÃO
MESTRADO EM PRODUÇÃO E TECNOLOGIAS DO SOM**

CORPUS ELECTRÓNICA

Dissertação de Mestrado apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de Mestre em Produção e Tecnologias do Som, orientada por Professor Doutor João Manuel Marques Carrilho.

Samuel Camara Madeira Managil, nº22207404
2025

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
ESCOLA DE COMUNICAÇÃO, ARQUITETURA, ARTES E TECNOLOGIAS DA
INFORMAÇÃO
Mestrado em Produção e Tecnologias do Som

CORPUS ELECTRÓNICA

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 07/03/2025, para obtenção do grau de mestre em Produção e Tecnologias do Som, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 156/2025, de 7 de Março, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutor Luís Cláudio dos Santos Ribeiro

Arguente: Prof. Doutor António Sousa Dias, Professor Associado com Agregação da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa

Orientador: Prof. Doutor João Manuel Marques Carrilho

Samuel Camara Madeira Managil, nº22207404

2025

Agradecimentos

Durante os dois últimos anos, várias pessoas inspiraram, ajudaram e apoiaram esta viagem. Gostaria de agradecer ao meu professor João Carrilho pela inspiração ao longo de vários anos, pela assistência útil e uma forte orientação durante este tempo. Gostaria também de agradecer a todos os docentes e alunos do departamento de Produção de Som pela criação de um lugar inspirador e de constante troca de ideias que me enriqueceram como artista sonoro. E por fim gostaria de agradecer á minha família, Maria José, Manuel Rosário e Lea Raquel pelo forte apoio e compreensão incondicional ao longo destes anos de estudos.

Resumo

A criação de um instrumento digital transcende as suas capacidades sonoras e o mero poder algorítmico, implicando uma reflexão concetual sobre as formas de interação e pensamento que este propõe. Paralelamente, exige a consideração de novos modos de organizar o tempo, as texturas, as formas e o contexto musical em tempo real. Esta investigação centra-se nas questões estéticas e nas estratégias da música computacional com instrumentos interativos, onde se desenvolve um conjunto de ferramentas integradas numa rede de processos. Estes processos incluem desde extratores de características do sinal áudio até métodos de controlo aplicados à síntese sonora. Adotando princípios de design, controla-se algoritmicamente a interação entre o som e o músico, abrangendo o material sonoro, o processo composicional e a sua performance. As estéticas de composição exploram o conceito de microsom, propondo soluções técnicas e artísticas para a criação musical computacional. O processo de composição estabelece uma relação dinâmica e interativa entre o músico e a máquina, com enfoque na formação e manipulação dessas interações. A improvisação livre é aqui entendida como um meio para explorar as possíveis constelações sonoras. Neste contexto, será apresentado um sistema que incorpora estas abordagens, potenciando novas formas de criatividade musical.

Palavras-Chave: Interação, Música Computacional, Microsom, Design Sonoro, Improvisação

Abstract

The creation of a digital instrument goes beyond its sonic capabilities and algorithmic power, requiring a conceptual reflection on the forms of interaction and thought it proposes. It also demands consideration of new ways to organize time, textures, forms, and the musical context in real time. This research focuses on the aesthetic issues and strategies of computational music with interactive instruments, where a set of tools is developed and integrated into a network of processes. These processes range from audio signal feature extractors to control methods applied to sound synthesis. By adopting design principles, the interaction between sound and musician is algorithmically controlled, encompassing sound material, compositional processes, and performance. Compositional aesthetics explores the concept of Microsound, proposing technical and artistic solutions for computational music creation. The compositional process establishes a dynamic and interactive relationship between the musician and the machine, focusing on the formation and manipulation of these interactions. Free improvisation is seen as a means to navigate and explore sonic constellations. In this context, a system will be presented that incorporates these approaches, fostering new forms of musical creativity.

Keywords: Interaction, Computational Music, Microsound, Sound Design, Improvisation

*“If our goal is musical expression, we have to move beyond designing technical systems.
we have to move beyond symbolic interaction.
we have to transcend responsive logic;
engage with the system:
power it and touch it with our bodies,
with our brains.
invent it and discover its life;
embrace it as instrument.
an instrument that sounds between our minds.”*

Michel Waisvisz, 2006

Índice

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	<u>11</u>
1.1 MOTIVAÇÕES.....	11
1.2 CONTEÚDO	11
1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	17
1.5 HIPÓTESE GERAL	17
1.6 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	18
1.7 METODOLOGIA	19
1.8 REVISÃO DA LITERATURA	20
1.9 PERCURSO EXPOSITIVO	27
 <u>2. GÊNESE</u>	 <u>29</u>
2.1 O QUE É O SOM?	29
2.2 PARADOXO CRIATIVO	31
2.3 COMPUTAÇÃO E AUTORREFERÊNCIA.....	33
2.4 A MÁQUINA DE TURING	35
2.5 NÚMEROS E MÚSICA	36
 <u>3. AUTOMAÇÃO</u>	 <u>37</u>
3.1 EMANCIPAÇÃO DO SOM	37
3.2 COMPUTER MUSIC	39
3.3 COMPOSIÇÃO ALGORÍTMICA.....	41
3.4 ESCUTA E AUTOMATISMO	43
 <u>4. CIRCULARIDADE</u>	 <u>46</u>
4.1 CIBERNÉTICA E FEEDBACK	46
4.2 ESPAÇO E FEEDBACK	48
4.3 ESTRATÉGIAS DE INTERAÇÃO.....	49
4.4 PERFORMANCE ALGORÍTMICA, DENTRO E COM.....	53
 <u>5. INTERPRETAÇÃO ABERTA</u>	 <u>56</u>
5.1 OBRA ABERTA.....	56
5.2 CAGE E A ALEATORIEDADE.....	58
5.3 MÚSICA GENERATIVA	60

6. PROCESSOS	<u>63</u>
6.1 MÚSICA COMO PROCESSO	63
6.2 ESTRATÉGIAS E PROCESSOS	66
6.3 REDES E AÇÕES	69
6.4 ESTRATÉGIAS DE COMPOSIÇÃO	70
7. MODELOS DE SÍNTESE	<u>73</u>
7.1 SÍNTESE E COMPOSIÇÃO	73
7.2 SÍNTESE ABSTRATA, TRANSFORMAÇÃO NO NÍVEL MICRO	76
7.3 CONCRETISMO E SÍNTESE	79
8. ANÁLISE E CONCATENAÇÃO	<u>82</u>
8.1 SÍNTESE CONCATENATIVA E DESCRITORES	85
8.2 ESPAÇO SONORO COMO INSTRUMENTO	91
8.3 DINÂMICAS E TEXTURAS	93
9. MICRO SOM	<u>97</u>
9.1 SÍNTESE GRANULAR	97
9.2 RELAÇÕES ENTRE FREQUÊNCIA E TEMPO	98
9.3 MORFOLOGIA, MICRO MONTAGEM	98
9.4 PASSAGEM DO TEMPO	99
9.5 ESCALAS DE TEMPO	100
10. NO ESPAÇO E NO MOMENTO	<u>102</u>
10.1 EN VIVO	102
10.2 IN VITRO	103
10.3 OS PROBLEMAS	104
10.4 ECOSSISTEMA PERFORMATIVO	104
10.5 FREE IMPROVISED MUSIC	106
10.5.1 IMPROVISACÃO NÃO IDIOMÁTICA	108
10.5.2 VIRTUDES E DESENVOLVIMENTO	110
11. DESIGN DE INSTRUMENTO	<u>111</u>
11.1 PERÍODOS E CARACTERÍSTICAS	111
11.2 INSTITUIÇÕES E PLATAFORMAS	113
11.3 NO TEMPO	115
11.4 HYPERINSTRUMENT	116

11.5 MODOS PERFORMATIVOS	118
11.5.1 MAPEAMENTOS E ESTRATÉGIAS.....	118
11.5.2 INTERAÇÃO E CONTEXTO	120
11.5.3 GESTO E SÍNTESE	121
11.5.4 MAPEAMENTO MULTIPARAMÉTRICO	122
 <u>12. PROBLEMAS E OBSERVAÇÕES FUTURAS</u>	<u>123</u>
 <u>13. CONCLUSÃO.....</u>	<u>124</u>
 <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>127</u>
 <u>ANEXOS.....</u>	<u>133</u>
 ANEXO I. ABLETON LIVE.....	133
ANEXO II. MAX4LIVE	134
 <u>APÊNDICES</u>	<u>134</u>
 APÊNDICE I. INSTRUMENTOS MAX4LIVE	134
APÊNDICE II. INSTRUMENTOS EXTERIORES	139

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema de circulação com análise	14
Figura 2 – Interações compostas para a interface ecossistémica audível (Scipio, 2003)	49
Figura 3 – Esquema de modos de interferência (Scipio, 2010).....	50
Figura 4 – Sistema de composição interativa (Chadabe, 1938).....	51
Figura 5 – Modelo de Rowe (Drummond, 2009)	52
Figura 6 – Modelo Winkler (Drummond, 2009)	53
Figura 7 – Conexões de Dynamic Triads (2008) de Palle Dahlsted	55
Figura 8 – Follow Action Abelson Live.....	63
Figura 9 – Módulo Corpus Descriptors, análise de descritores áudio.....	89
Figura 10 – CorpusPlay modos e parâmetros	95
Figura 11 – CorpusPlay.....	135
Figura 12 – CorpusRecording	135
Figura 13 – CorpusDescriptors.....	136
Figura 14 – CorpusMultiparametric.....	137
Figura 15 – OSCA1 interface com Arduino.....	138
Figura 16 – Esquema de circularidade e interação.....	139
Figura 17 – Mapeamento do CorpusDescriptors	143
Figura 18 – Módulo OnsetReceive 2	143

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características dos modelos de síntese	75
Tabela 2 Descritores do CataRT	88
Tabela 3 – Funções e ligações no Sistema Modular	142

1. Introdução

1.1 Motivações

Esta pesquisa é motivada por aspetos em desenvolvimento no âmbito das minhas aspirações artísticas como artista sonoro. A origem desta exploração artística está intrinsicamente ligada à minha prática musical, direcionada para domínios teatrais, que incorpora tanto tecnologias analógicas, como sintetizadores modulares, quanto elementos digitais, explorados através do uso do computador.

Dessa dualidade emerge a reflexão sobre a possibilidade de construção de um sistema híbrido destinado à execução de música ao vivo, cujo objetivo principal é complementar as características técnicas de ambos os domínios. Pretende-se, assim, criar um sistema que permita estabelecer uma estrutura fundamentada em ações e reações dinâmicas.

Para concretizar este objetivo, durante os meus estudos orientei os meus esforços para o aprofundamento de contextos relacionados com o processamento de sinal digital, através de linguagens como SuperCollider e Composer Desktop Project (CDP). Estas ferramentas permitiram-me explorar elementos que não se encontram disponíveis no domínio analógico.

Tal exploração abre novas perspetivas, e direcionou-me ao campo da transformação abstrata e improvisada, que constitui o núcleo desta pesquisa e culmina no trabalho apresentado nesta tese.

1.2 Conteúdo

A partir de 1945, os fundamentos da música eletrónica começaram a ser delineados por estéticas musicais como o Serialismo, a *Musique Concrète* e a *Elektronische Musik*, evoluindo posteriormente para a estocástica e para o foco no som. Estas práticas musicais deram origem a novas descobertas, nomeadamente *in vitro*, com a síntese digital aplicada à composição, e *en vivo*, com o *Live Electronics*. Este último desenvolveu-se particularmente durante as décadas de 1970 e 1980, tanto na vertente eletroacústica – através de técnicas extensíveis – quanto na composição do interior do som, promovida pelas explorações da música espectral, que possibilitaram novas formas de analisar o som enquanto material.

Ao longo do século XX, a conceção do material sonoro foi progressivamente transformada. Observa-se uma tendência de fluidez sonora, que pode ser exemplificada pelo estado gasoso das «nuvens» de Iannis Xenakis, até à revolução espectral, na qual o material

sonoro passou a ser decomposto em camadas. De forma contemporânea, “o material já não é matéria sonora: não é dado pela natureza; tende a ser integralmente composto, construído” (Solomos, 2020, p. 139).

A reflexão de Solomos (2020) relaciona-se com a síntese sonora, um conceito observado na música eletrônica. Neste contexto, a matéria sonora constitui o ponto de partida, sendo o som simultaneamente material e forma, além de funcionar como um modelo formal e narrativo com múltiplas conotações. Traços deste princípio são evidentes na visão de Wishart (1996), que destaca uma mudança de paradigma no que se entende por música enquanto arte sonora. Esta abordagem direciona a morfologia musical para aspectos tecnológicos, como gravação, processamento e síntese sonora, transcendendo os desenvolvimentos específicos da linguagem musical tradicional.

Aliado a este pensamento, o poder do computador permite construir a arquitetura interna dos sons, ampliando o conceito de compositor e músico para incluir a noção de *Sound Sculpture*. Este conceito aborda qualquer som, e direciona o foco para a estrutura e a estruturação dos próprios sons (Wishart, 1996). Paralelamente, a utilização de materiais sonoros cuja fonte é conhecida, ou de materiais que, embora possam parecer abstratos ao compositor, sugerem uma nova fonte e um novo som ao ouvinte.

Isso implica que, enquanto compositores e músicos, podemos direcionar as nossas ideias sonoras para criar uma paisagem sonora contínua, composta por transformações que podem transitar da desordem para a ordem.

Neste contexto, a música criada através da síntese é central para a ideia do som digital. Segundo Di Scipio (1995), este processo pode ser distinguido entre a criação de frases musicais, baseada num sistema de regras, e a utilização do som como veículo de composição. Esta perspetiva une material e forma, integrando-os num algoritmo de síntese que opera num processo de transformações. Este modelo estabelece uma relação direta entre o material e a estrutura musical num processo sonoro coeso.

Esses desenvolvimentos conduzem à suposição de que o computador pode, teoricamente, criar qualquer som. Contudo, a principal dificuldade reside na especificação do som. Segundo Strawn (1985), a formação do músico computacional implica aprender os pressupostos sonoros proporcionados pelas técnicas de síntese e adquirir as competências necessárias para manipulá-los de forma a atingir os objetivos musicais desejados, seja ao nível de uma nota isolada, seja ao nível de uma performance completa.

Com base nesta perspetiva, os conteúdos desta pesquisa procuram expor e compreender métodos e estratégias, composicionais e performativos na qual a síntese desempenha um papel fundamental na construção da forma musical, integrando-se na

concepção de instrumentos musicais, sendo conduzidos à sua performance através da Improvisação total.

Ao observar o último século, o computador é um elemento central na pesquisa de várias áreas, desde a acústica e psicoacústica até ao design de instrumentos, síntese sonora e processamento digital de sinais, mediado pela composição assistida por computador. Este panorama representa uma parceria interativa ou um trabalho totalmente automatizado, baseado em regras implementadas pelo computador, sendo utilizado para controlar a complexidade que dá origem a formas emergentes. Neste contexto, um dos desenvolvimentos mais significativos é o avanço das fronteiras dos modelos de som e música para o nível micro, designado por «microsom».

Em suma, o contexto desta pesquisa dirige-se, num primeiro plano, à articulação da ideia de um modelo que funcione como estratégia composicional na qual é enquadrado um método de síntese granular. E num segundo momento, à relação instrumental que opera de forma interativa. Segundo Machover (1992), a concepção de instrumento baseada em “machine-augmented instrumental technique, knowledge-based performance monitoring, and intelligent music structure generation” (p. 186) permite explorar relações dinâmicas e criativas no que diz respeito ao design e à interpretação musical.

Machover (1992) expõe este conceito no seu trabalho sobre hiperinstrumentos, no qual destaca a capacidade de alterar os níveis hierárquicos da interação musical. Este sistema permite ao músico transitar, momentaneamente, entre a manipulação de estruturas musicais no nível «macro» e a construção atômica do som no nível «micro». Estas ações são possíveis através da análise de dados da performance musical que são processados por uma série de programas em tempo real, que junta o movimento físico do músico numa interação computacional.

Dahlstedt (2018) afirma que, nestes instrumentos, a relação torna-se intrínseca, incorpora-se e explora-se o algoritmo perante uma audiência numa narrativa musical. A interface, neste caso, não é o material, mas sim o meio de transmissão de informações entre o performer, que fornece a entrada, e o computador, que é controlado. Ao conectar estes dois agentes, o performer e o computador por meio da interface, a ideia formaliza-se no ato de desenvolver um mecanismo que ligue o movimento físico a um processo sonoro. Este mecanismo torna-se parte integrante do processo composicional e deve ser contextualizado tanto no âmbito musical abordado quanto no papel performativo atribuído ao músico.

Assim, a relação entre uma interpretação corporal, ou até mesmo instrumental, e a síntese sonora pode ser sujeita a recomposição e a questões relacionadas com o design da interface. Um instrumento não é definido apenas pelo que faz, mas também pelo seu contexto (Tanaka, 2009). Estas questões e as motivações por detrás das escolhas de design

instrumental para um hiperinstrumento colocam em evidência o conceito de circularidade enquanto potencial instrumento musical (Figura 1).

A questão pode ser colocada da seguinte forma: o que acontece quando uma técnica de síntese é aplicada num ciclo de *loops*, onde as permutações de mapeamentos permitem que a saída modifique os parâmetros de síntese em resposta ao som que está a ser produzido?

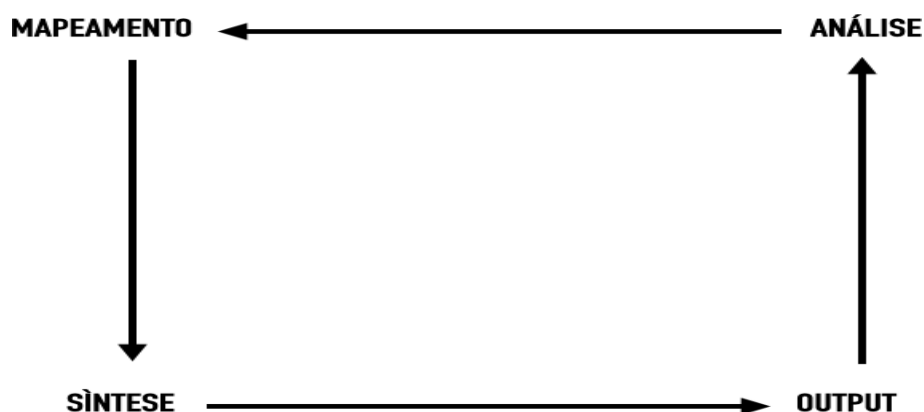


Figura 1 – Esquema de circulação com análise

Contemporaneamente, podemos observar exemplos de instrumentos que permitem ao músico interagir diretamente, bem como outros que possibilitam interações em que o objetivo não é tornar o músico responsável por cada nuance sonora, mas sim criar um diálogo criativo com a máquina. Nesta pesquisa, este tipo de instrumento será referido como hiperinstrumento (Machover, 1992), dado que é capaz de responder ao diálogo musical com gestos sonoros que o músico não criou diretamente. Nesse contexto, a relação corporal na criação do som é essencial, assim como a construção do material sonoro.

Este tipo de instrumento pode variar desde o acionamento de segmentos pré-gravados até à análise e mapeamento de frases interpretadas por outros músicos ou provenientes de outras fontes, processadas e modeladas em texturas complexas. Os algoritmos serão utilizados para mapear diretamente a entrada de controlo – seja através de gestos físicos ou outras formas – para sons sintetizados. Assim, o algoritmo não é concebido para criar a estrutura musical em si, mas para estabelecer uma relação musicalmente significativa entre os gestos físicos e sonoros do intérprete e o som resultante (Dahlstedt, 2018).

A pesquisa foca-se na relação dinâmica entre o músico e o instrumento, introduzindo conceitos como interatividade, microsom e formas de controlo multiparamétrico. A discussão estética da música será orientada por estes pressupostos, e é enquadrada no domínio do

microsom com os seus modelos de síntese. Em particular, serão explorados métodos como a síntese concatenativa com material sonoro pré-gravado.

Para tal, será fundamental compreender a relação entre a criação de material sonoro, e os processos envolvidos para uma possível estrutura e expressão sonora. A pesquisa explora as possibilidades oferecidas pela tecnologia digital, tendo como base estética a experimentação e a busca de novas texturas controladas através de descritores de áudio.

Neste sentido, é fundamental analisar obras e compositores que formalizaram conceitos como escalas de tempo, transformações e estratégias composicionais relacionadas com interatividade, e direcionar esses conceitos para o uso do computador enquanto ferramenta criativa e interativa no contexto musical. Para este enquadramento, serão apresentadas análises e reflexões sobre diferentes práticas musicais, bem como sobre perspectivas científicas, filosóficas e artísticas.

Como parte do processo de experimentação na pesquisa artística, será desenvolvido um protótipo de instrumento composto por módulos *Max for Live*. Este protótipo consiste em 3 ferramentas. Quanto à sua produção de som, criou-se modelo de síntese concatenativa de duas dimensões, que é controlado através de gestos físicos com acelerómetro e de forma multiparamétrica de um parâmetro para vários ou vice-versa. E quanto à sua forma de análise, a utilização de descritores de sinal de entrada que cria uma dicotomia de características tímbricas e dinâmicas de um sinal que podem ser mapeados a outras funções no domínio digital criando situações de interação e ativação de um hardware externo.

Esta exploração foca-se nos esforços musicais que investigam novas formas de articulação e expressão na performance ao vivo de música eletrónica, que usa gestos do músico ou controlo manual. Do ponto de vista musical, esta abordagem interliga-se aos domínios de design de instrumentos e, subsequentemente, à composição e improvisação livre. Nesse sentido, pesquisou-se o conceito de instrumentos interativos, recorrendo a controlos multidimensionais e a técnicas de síntese e análise. É uma investigação que tem como objetivo principal compreender os aspetos teóricos e estéticos do funcionamento de instrumentos numa estrutura aberta e as suas possíveis relações no domínio do *Live Electronics*, com um processo experimental e circular nas suas possibilidades musicais.

O foco recai na discussão sobre a vivacidade da eletrónica ao vivo, em que a apropriação e a criação de configurações tecnológicas pelo próprio artista constituem uma parte substancial do processo criativo. Estas práticas moldam os dispositivos que especificam obras sonoras singulares, sendo resultados inerentes ao processo de produção musical.

A música não consiste apenas em criar estruturas sonoras e experiências auditivas de interesse estético, mas também em conceber os meios pelos quais essas estruturas e

experiências são materializadas. Tais práticas exploram a interseção entre tecnologia e estética, promovendo novas abordagens para a música eletrônica ao vivo.

1.3 Apresentação do problema

Ao longo do último século, as perspectivas musicais sofreram mudanças significativas. Atualmente, é responsabilidade do compositor ou improvisador definir todos os aspetos do processo composicional e performativo, incluindo as estratégias de navegação para a sua performatização.

Neste contexto, na música computacional ao vivo, tanto algoritmos como métodos de síntese são elementos utilizados como meios de expressão musical. No entanto, nos concertos de música eletrônica ao vivo, observa-se uma carência de comunicação visual e física entre o som que é criado e as ações do músico.

Num sistema composicional interativo podemos questionar qual é o benefício de um algoritmo, generativo para a performance musical e como é possível atuar dentro deste tipo de estrutura? Como é este se assemelha a um intérprete no processo criativo?

Estas questões destacam as complexidades da integração de algoritmos na prática musical e apontam para a necessidade de investigar soluções que reforcem a interatividade e a expressão na música computacional ao vivo numa estrutura que permita executar formatos abertos e generativos.

Adicionalmente, a falta de abertura dos instrumentos resulta numa limitação significativa em termos de personalização, uma vez que estes são sistemas fechados que impõem regras e pressupostos que são na sua maioria processos lineares, o que anula a possibilidade de interatividade plena entre o músico e o instrumento através de várias etapas de processamento que podem ser alteradas na sua ordem de execução.

Relativamente à parametrização e controlo em determinados instrumentos, observa-se que, por vezes, estes elementos têm uma relação de um para um, o que anula gestos e evoluções sonoras que poderiam ser sugeridos por outras formas de parametrização que exploram formas de controlo mais complexas. Este aspeto torna-se particularmente relevante especialmente em tempo real, quando queremos abranger uma multitude de variáveis.

Outro ponto importante é a escassez de estratégias para conceber instrumentos capazes de apresentar um comportamento independente, mas que sejam simultaneamente responsivos a sinais externos através de análises e permitam a criação e a performatização de uma estrutura generativa.

1.4 Objetivos da pesquisa

A complexidade inerente à investigação de modelos interativos aplicáveis à improvisação livre exige uma abordagem abrangente e integradora, que contemple perspectivas científicas, tecnológicas, artísticas e filosóficas. Estes pontos de vista estão intrinsecamente interligados e influenciam-se mutuamente.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um sistema algorítmico que cria vários níveis de interação entre performer e máquina. Pretende-se desenvolver uma combinação da pesquisa teórica e o desenvolvimento prático de uma estratégia instrumental que liga tanto aspetos digitais como analógicos que emergem da conceção de um hiperinstrumento. A pesquisa foca-se para a criação de estruturas generativas e formas abertas, modelos que podem ser integrados num instrumento. Este irá permitir situações emergentes e auto-organizadas no contexto da performance ao vivo na qual o músico pode influenciar o seu desenvolvimento.

O hiperinstrumento proposto deve ter como objetivo a possibilidade de associação a vários elementos, ou seja, um sistema sonoro autorregulado através de descritores de som, caracterizado por um comportamento individual que possa ser manipulado em tempo real de forma gestual e que é integrado num modelo de microsom. Preterem-se compreender quais são os vários níveis de interação num sistema composicional, as suas formas de controlo e a sua adaptação em tempo real.

Como tal o foco é sobre a criação de estruturas e estratégias de como podemos interagir musicalmente num sistema generativo e aberto e como é que dentro deste conceito integramos um método composicional que associado a um modelo de síntese, permitindo assim a conceção de um instrumento que se integre neste conceito.

1.5 Hipótese geral

No contexto desta pesquisa, a hipótese geral considera que o computador é um compósito de várias estratégias mutáveis que podem ser tidas num instrumento. Assim, pretende-se demonstrar que esta abordagem explora o computador e os seus métodos de síntese como uma possível redefinição da relação entre o músico e o sistema. Assim direccionamos a hipótese de que estes elementos podem permitir interações imprevisíveis e emergentes num sistema composicional.

Esta reflexão procura relacionar o computador como instrumento em contextos de performance ao vivo. Este é conseguido através de interações mediadas por análises do sinal entrada e pela navegação sonora de forma gestual. Desta forma pretendemos compreender

quais são as estratégias que podem ser aplicadas a contextos de cibernética e feedback como uma forma de autorregulação.

Parte-se do princípio de que esta abordagem concebe a improvisação, como a forma de criação em tempo real. Estes aspetos são concretizados através da utilização de uma estratégia modular que permite uma organização variada de módulos Max for Live que vão desde da sua produção sonora, controlo e análise. A combinação destes elementos irá desencadear possíveis modelos de composição em tempo real e síntese que dizem respeito à criação de estruturas generativas e a sua navegação.

Estes aspetos serão testados através da adaptação de patches de Max Msp das livrarias MubuCataRT e FlucoMa, para a criação de módulos Max for Live. Estes são colocados em funcionamento no programa Ableton Live e associados a um hardware externo, um sintetizador modular. Desta forma pretende-se criar um processo circular entre os domínios digital e analógico, onde o sinal da sua saída é direcionado para a sua entrada, permitindo assim o surgimento de várias situações imprevisíveis na sua manipulação ao vivo.

Para tal iremos explorar a sua produção de som com a síntese concatenativa com sons gravados de forma granular controlada por gestos físicos com um acelerómetro, que irá produzir sons que são analisados timbricamente e dinamicamente por um módulo de análise. O primeiro é associado ao mapeamento de parâmetros digitais e o segundo à ativação do sintetizador modular. Desta forma será possível criar uma autorregulação dos elementos.

Estes podem ser controlados de formas multiparamétricas de um para vários, ou muitos para um permitindo assim variedade na sua saída e várias formas de controlo que criam mudanças ou interrupções. Ou seja, é um sistema híbrido que é tanto influenciado por análises e reações físicas ao que está a ser criado no momento, onde aspetos generativos são influenciados por métodos de síntese granular de forma interativa expandindo assim as possibilidades na música eletrónica ao vivo.

1.6 Relevância do estudo

Esta pesquisa é relevante para estudantes de tecnologias do som, *sound designers* e músicos eletrónicos interessados em integrar técnicas de microsom na performance ao vivo, especialmente em contextos de improvisação livre. A abordagem proposta alia perspetivas artísticas e científicas, estabelecendo um quadro que abrange a conceção, desenvolvimento e performatização de instrumentos. Assim, o estudo apresenta ao leitor possíveis estratégias sonoras no domínio do microsom, com as transformações e o enquadramento algorítmico necessário para a sua execução em tempo real.

A relevância deste estudo reside no cruzamento de ideias numa exploração experimental que pode ser útil a pessoas interessadas em processos interativos de criação de paisagens sonoras que são esculpidas em tempo real. A pesquisa permite dar a conhecer uma abordagem abstrata da utilização de elementos generativos, assim como uma estratégia da sua aplicação em performances ao vivo.

Desta forma pensamos que é relevante considerar o desenvolvimento da forma pela qual as estruturas musicais neste contexto são criadas. Assim podemos associar um modelo de composição em tempo diferido, onde criamos o material sonoro de forma improvisada e relacionar as suas possíveis transformações em tempo real. Dando origem a uma improvisação guiada que cria uma estrutura com os seus elementos no momento.

1.7 Metodologia

A metodologia escolhida para esta pesquisa insere-se no domínio das Artes. De acordo Borgdorff (2005) o método que estrutura este estudo é o método *Practice based research*.

Nesta abordagem, o processo de desenvolvimento em todas as fases da criação sonora contribui concetualmente para a investigação. Por exemplo, a formulação de ideias abstratas em artefactos tecnológicos influencia a maneira como essas ideias podem ser experimentadas e reformuladas. Nesse sentido, o desenvolvimento de um instrumento ou módulos para esta investigação não é apenas uma necessidade prática, mas também um método valioso para explorar questões estéticas e técnicas no contexto da prática artística, particularmente em improvisação livre.

Para tal iremos desenvolver através do programa Max Msp, um conjunto de ferramentas que são baseadas em patches existentes em bibliotecas como MubuCataRT com elementos do instrumento CataRt de Diemo Schwars, e FlucoMa mais especificamente com os objetos SPtools de Rodrigo Constanzo. Estas bibliotecas conferem elementos que podem ser adaptados tanto a conceitos de interatividade, formas de análise tímbrica e dinâmica em tempo real e métodos de síntese granular.

A sua modularidade torna possível prosseguir especulações que inspirem novas questões tanto sobre o design do instrumento como sobre o seu contexto e necessidades específicas. Estes módulos são alocados no programa Abelton Live de modo a podermos expandir a sua configuração e associar esta a um sintetizador modular externo de modo a fechar o sistema num ciclo circular de ações e reações quando estamos a tocar.

Deste modo pretendemos testar várias configurações que iram permitir uma improvisação flexível com um fluxo de sonoro imprevisível ou orientado. Estes testes serão

feitos com experimentações improvisadas para a obtenção de resultados que conferem então a combinação mais propícia.

Por outro lado, contexto da performance ao vivo, ao qual a nossa concepção instrumental é direcionada, tomamos uma posição musicológica com a análise das estratégias de compositores e obras do passado, importantes tanto pelo seu contexto que são orientados por pressupostos tanto de composição - design de instrumento – performance. Assim iremos esta perspectiva musicológica de forma a complementar e informar o contexto do lado prático.

Este aspeto irá dar-nos uma visão mais ampla do que já foi feito e como foi feito, e de que forma podemos relacionar pontos importantes para a criação de estruturas generativas e modelos tanto de composição como de síntese. Desta forma iremos fundir a experiência prática com a investigação teórica, permitindo a formulação de conclusões baseadas na interação entre teoria, prática e experimentação do sistema.

1.8 Revisão da Literatura

A introdução dos computadores revolucionou o campo composicional, permitindo ao compositor expandir as suas possibilidades através de modelos abstratos de composição e síntese. Estes modelos desafiam e transcendem os métodos e as estéticas tradicionais, uma vez que a tecnologia digital possibilita a composição do timbre e a síntese sonora.

Jean-Claude Risset destacou-se como um dos primeiros compositores a afirmar e demonstrar, através das suas obras, que a composição de sons substituiu a composição com sons. Paralelamente, outras formas de composição recorrem a sons gravados, uma prática que se manifesta de forma descontínua e heterogénea ao longo da história da música eletrónica. Exemplos incluem a *Musique Concrète* iniciada por Pierre Schaeffer, que introduziu o conceito de objeto sonoro e a utilização de técnicas de gravação e edição no domínio eletrónico.

Além destas práticas, o processamento computacional criou formas novas de experimentação, através de sistemas dinâmicos, algoritmos genéticos, caóticos, estocásticos e aleatórios no vocabulário do músico eletrónico.

Neste sentido, a pesquisa foca-se em obras literárias que exploram elementos como composição em tempo real, síntese no domínio do microsom, formas de análise com descritores de sinal e a aplicação destes conceitos em contextos de improvisação ao vivo. Para cumprir esses pressupostos, a seleção bibliográfica privilegia autores e obras que estabelecem relações entre estes domínios, contribuindo para uma visão integrada e contextualizada.

Assim, a análise não é tida numa única obra ou referência. Procura-se um conjunto diversificado de fontes que aborde instrumentos com características interativas, inseridas num modelo de síntese de microsom. Este modelo deve incorporar tanto um método como uma forma de composição, que, quando aplicados, promovam um quadro de mediação sensorial no contexto de uma improvisação não idiomática.

Num primeiro plano, consideramos as nossas observações em obras que, de certo modo, são centrais para a pesquisa, pois abordam não apenas o contexto da música contemporânea, mas também cruzamentos técnicos e conceituais dentro de um quadro mais amplo, mas direcionado.

Neste polo, destacam-se obras como a de Solomos (2020), intitulada *From music to sound: The emergence of sound in 20th- and 21st-century music*. Esta obra é útil pela forma como explora a introdução e influência do ruído, do som e do timbre na música contemporânea. Solomos (2020) aborda não apenas os aspetos históricos e culturais que influenciaram este desenvolvimento, mas também as estéticas musicais e a sua relação com as tecnologias e estratégias composicionais. A obra é indispensável pela profundidade com que explora nuances estéticas da música eletroacústica e eletrónica, além de estabelecer analogias entre o passado e o presente, fornecendo uma base sólida para o quadro técnico da síntese como meio de criação musical.

Outra obra fundamental é a de Roads (2001), intitulada *Microsound*. Esta obra é provavelmente a descrição mais extensa e exaustiva sobre a estética, técnica e conceitos associados ao microsom. A sua relevância para esta pesquisa reside na abrangência histórica e técnica, incluindo observações tanto no contexto da computação como em meios analógicos, o que a torna indispensável para compreender a estética e o desenvolvimento do microsom enquanto abordagem composicional.

Quanto à direção das referências utilizadas nesta pesquisa, estas podem ser entendidas como um agrupamento de diferentes compositores e músicos cuja prática está alinhada com a criação de um *setup* instrumental capaz de expressar e situar-se nos pressupostos observados ao longo do estudo.

Situação expositiva da ideia do som e a sua relação com os números. Esta abordagem explora como o som é usado em aspetos criativos, estabelecendo conexões entre números e conceitos que indiretamente direcionam o discurso da computação musical. Essa perspetiva é concretizada pela prática artística de criar música com o computador. Obras como *Formalized music: Thought and mathematics in composition* do compositor Iannis Xenakis (1971) são centrais para esta análise, pois refletem a fertilidade dos números na criação artística musical. Esta obra é particularmente relevante para contextualizar a relação

entre números e música ao nível micro, bem como as estratégias associadas, analisadas no artigo de Solomos (2023).

Mediação entre música, ciência e psicoacústica: A pesquisa recorre a observações de autores que articulam a música enquanto arte e ciência, explorando aspetos psicoacústicos. Um exemplo notável é o artigo de Risset (2003), que complementa esta abordagem.

Estas análises interligam-se com trabalhos de compositores como Clarence Barlow, comentado por Lekkas (1992). Para explorar o desdobramento e a finitude dos números, a pesquisa baseia-se na obra de Hofstadter (1979) e nas fundações da computação com Alan Turing (1937) em *On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem*.

A progressão da exposição desta pesquisa desenvolveu-se no âmbito da *Computer Music*, em que as nuances de entendimento histórico e técnico são cruciais. O uso do computador na criação musical exige um enquadramento que considere tanto as perspetivas do passado como as do presente.

Neste percurso são fundamentais obras como as de Nick Collins, complementadas por Karlheinz Essl e outros autores presentes em *Oxford handbook of algorithmic music* (McLean & Dean, 2018). Além disso, destaca-se o artigo de Risset (2004), que aborda as contribuições de Edgar Varèse e a sua influência no cruzamento entre arte e ciência, com foco no domínio digital.

Outras obras como a de Roads (1996), examinam a evolução das estéticas e técnicas de automação no início da computação musical. Adicionalmente, o conceito de escuta algorítmica é explorado por Rowe (1999), ampliando a compreensão dos processos algorítmicos na composição e na interação musical.

Neste desdobramento de automatismo, fontes relacionadas com conceitos de *feedback* tornam-se essenciais para estabelecer noções de circularidade. Esses conceitos são introduzidos por Wiener (1948) através da descrição de um guia automático. Esta ideia é posteriormente ampliada para o contexto musical, instrumental e performativo por Chadabe (1984, 1997), com foco na interatividade e exploração analógica. Esta visão é também partilhada por Rowe (1999). Importante para os aspetos automáticos no nosso sistema composicional.

A particularidade da circularidade e do automatismo manifesta-se igualmente na síntese, analisada sob várias perspetivas. Neste contexto, a pesquisa recorre ao artigo de Scipio (2003) e de Sanfilippo e Valle (2013), visto que estes compositores utilizam técnicas de *feedback* em múltiplos níveis musicais, tanto transformativos como estruturais. Essas abordagens são particularmente relevantes para a criatividade musical em tempo real e no espaço performativo, e para a nossa conceção instrumental circular.

A progressão destes pressupostos cria uma ponte com os trabalhos de Dahlstedt (2018), que explora os constrangimentos inerentes a situações algorítmicas durante a performance, com perspectivas para o desenvolvimento de práticas interativas e automatizadas na nossa relação com o instrumento.

No domínio da aplicação da aleatoriedade, destacam-se os postulados filosóficos de Eco (1989) e a sua ligação com a abertura na obra de arte e a música generativa e aleatória. Estas estéticas estabelecem uma ponte entre os contextos composicional e performativo, particularmente em relação a John Cage, David Tudor e Brian Eno. Estas conexões são analisadas por Pritchett (2001), que aborda questões relacionadas com a performance instrumental e as estratégias de composição.

Adicionalmente, Schonfeld (1972) explora o percurso de David Tudor, destacando a transição do piano para a eletrónica e a sua relevância no mesmo enquadramento. Estes estudos são complementados pelas observações de Collins (2008) sobre a relação entre o elemento generativo e o aleatório, contribuindo para a compreensão das interseções entre essas abordagens na composição e performance musical contemporânea. São referências importantes para o entendimento de uma possível estrutura generativa no instrumento.

Com a exposição das práticas mencionadas anteriormente, retomamos a reflexão sobre como este tipo de estratégia é mediado e a que contexto se refere. A descrição de métodos e estratégias processuais em música baseia-se nas práticas de vários compositores, incluindo Xenakis (1971), cuja obra já foi destacada, e também em compositores minimalistas como Steve Reich, explorado por Schwarz (1981).

Estas reflexões são complementadas por Roads (1996, 2001), que aborda diferentes tipos de estratégias composicionais, e pelo compositor Koenig (1978), cuja obra contribui para a análise de abordagens estruturais e técnicas. Este agrupamento de conceitos resulta na conceção de um objeto sonoro não estático, caracterizado pela fluidez na sua hierarquia de processos e fases de criação.

No âmbito da expansão deste conceito, a ideia de rede é explorada através da análise de Solomos (2005), que examina o trabalho de compositores como Horacio Vaggione. Esta abordagem amplia o entendimento das relações dinâmicas entre os processos composicionais e o resultado musical e dá-nos a conhecer possíveis formas de processos que podem ser mutáveis quando usamos os módulos de Max for Live no sistema composicional.

Partimos para a definição de várias transformações através da síntese. As obras selecionadas criam um contexto que permite situar os modelos de síntese a serem abordados na música eletrónica e concreta.

Para este propósito, recorreremos à obra de Roads (2001), visto que explora os aspetos do microsom tanto no período analógico, no contexto da música eletrónica, como no

domínio digital. Além disso, Roads (2001) também apresenta uma análise de autores que ampliaram a discussão sobre o tema. Um desses autores é Smith (1992), que aborda diversos modelos de síntese, com particular destaque para a síntese abstrata. Este tipo de síntese é também uma componente significativa da família do microsom.

Outro contributo relevante vem das observações de Scipio (2002), que introduz o uso de funções não lineares para a síntese sonora. Além disso, Döbereiner (2011) também contribui para esta perspetiva, abordando a síntese nonstandart como uma abordagem estética, o que amplia a discussão sobre as possibilidades de síntese no contexto da música eletrónica contemporânea.

No entanto, devido ao uso de material gravado e à direção de um modelo de síntese que utilizada este formato, as observações sobre a *Musique Concrète* direcionam-se para autores como Schaeffer e a sua obra *Traité des objets musicaux: Essai inter disciplines* (1966). Nesta obra, o autor expõe os fundamentos do conceito de «objeto sonoro» e a escuta reduzida, propondo uma nova forma de relação entre o ouvinte, o som e a tecnologia.

Este conceito é ampliado e expandido através da síntese por concatenação e da utilização de descritores de análise de sinal (*Music Information Retrieval* – MIR). Nesse contexto, destacam-se os estudos de Schwarz (2006), com o seu instrumento CataRT, uma abordagem na síntese por concatenação, com descritores de sinal para permitir uma interação dinâmica e flexível com os sons gravados.

Para complementar esta abordagem, recorremos a observações sobre a implementação de descritores de sinal em instrumentos musicais. Um exemplo notável é o trabalho de Hoffman e Cook (2007), que apresenta uma metodologia para a síntese baseada em descritores em tempo real.

Outro contributo relevante é a conferência de Harker (2018) no CeReNem (Centre for Research in New Music), visto que o autor discute a utilização criativa de descritores de áudio em práticas musicais, e explora como é que estes podem ter significados musicais e performativos quando integrados num sistema interativo.

Por fim, o uso de bibliotecas Max Msp e as respetivas documentações também desempenham um papel central nesta investigação. Destaque para o trabalho de Constanzo (2019), que explora o uso das bibliotecas FluCoMa¹, com formas de análise e manipulação de som através de descritores e permitindo a criação do instrumento interativo. Assim como a utilização da biblioteca Catart-Mubu² para uma navegação descritiva em dois eixos de forma granular.

¹ <https://www.flucoma.org>

² <https://forum.ircam.fr/projects/detail/catart-mubu/>

A utilização de descritores suscita múltiplas possibilidades de transformação sonora através do computador, bem como uma forma de fundir o material sonoro a um processo estrutural no contexto do instrumento. Neste sentido, os efeitos resultantes podem ser observados como transformações entre os domínios tempo e frequência.

Estas transformações são evidenciadas com o trabalho de Wishart (1996), que explora técnicas de manipulação sons, com o uso do software Composer Desktop Project³. Este programa permite a aplicação de métodos de análise de cruzamento por zero, uma técnica análoga à deteção de amplitude, que possibilita transformações no som e torna possível a ativação do sintetizador modular.

Além disso, a estratégia de composição baseada análises dinâmicas encontra uma expressão relevante no trabalho de Henri Pousseur, especialmente na obra *Scambi*. Este exemplo é explorado por Canazza e Avanzini (2011) que dá origem a uma estratégia de interação conseguida através de picos de amplitude e a ativação do hardware externo.

No que se refere ao método de síntese granular, este é abordado e definido através de obras fundamentais, como a de Roads (2001), que destaca as escalas de tempo associadas a esta técnica. Adicionalmente, as perspetivas de Stockhausen (1989) e de Truax (2003) oferecem uma visão sobre as relações entre tempo e frequência, bem como os métodos de aplicação desta técnica.

A síntese granular encontra também apoio nos conceitos desenvolvidos por Xenakis (1992), especialmente a noção de massa e pontos. Esta ideia tem uma correspondência direta com os princípios de agregação e dispersão de grãos sonoros presentes na síntese granular.

Além disso, os princípios de morfologia do material sonoro e a fusão entre forma e conteúdo são explorados através dos conceitos de micromontagem. Nesse contexto, destaca-se o artigo de Vaggione (1996) e a obra de Solomos (2006), pois abordam a relação entre microestrutura sonora e forma musical, destacando a importância das micro transformações na composição musical. Desta forma será possível então estabelecer processos de criação de material gravado que irá interagir com as ações do instrumento no contexto da síntese granular.

No que diz respeito à exploração do conceito de espaço e à forma como este é performatizado, a pesquisa recorre ao trabalho de Scipio (2021) e ao seu conceito de *Live Electronics*. Esta abordagem é de grande relevância, pois aponta para os constrangimentos e as questões que surgem ao criar tanto a estratégia de composição como o tipo de ação num determinado espaço. Este aspeto está relacionado com o «ser e estar» mediado pela tecnologia, uma questão analisada por Scipio (2021).

³ <https://www.composersdesktop.com>

Este enquadramento inclui, ainda, reflexões sobre os aspetos e as doutrinas tecnológicas que permeiam a performance musical. Nesse sentido, destacam-se as observações de Cardew (1971), visto que o autor analisa os limites impostos pela gravação num género que, por definição, é criado e experienciado ao vivo. Esta perspetiva sublinha a relevância do momento presente e da interação direta no contexto da improvisação e da performance ao vivo, destacando a diferença fundamental entre a experiência ao vivo e a fixação da obra através da gravação.

Neste âmbito, introduz-se ao leitor o domínio da *Free Improvisation* em contextos não idiomáticos, explorado pelo guitarrista e improvisador Bailey (1992). Esta abordagem é complementada pelo conceito de Barrett (2017), que interpreta a improvisação livre como um método de composição.

Este domínio inclui a análise de Feisst (2009), que examina a relação entre aleatoriedade e improvisação. Essa análise é enriquecida pelas reflexões de Cardew (1971), que destaca as virtudes e qualidades necessárias ao músico que segue esta linha estética. Essas qualidades não apenas definem um enquadramento estético para a pesquisa, mas também estabelecem uma possível relação com instrumentos e práticas musicais mediadas por sensores no contexto da música eletrónica ao vivo.

O uso de sensores e a interatividade instrumental são aprofundados a partir das reflexões de Ryan (1991), que sublinham a importância do design de instrumentos adaptados a práticas de improvisação. Este conceito é expandido por Tanaka (2009), cujos postulados examinam as possibilidades e as limitações deste tipo de configuração sensorial. Tanaka (2009) propõe uma identidade própria para os instrumentos sensoriais, sobretudo quando são utilizados em contextos de interatividade, com as visões de compositores como Joel Chadabe e Robert Rowe, que exploram o conceito como meio de expressão musical e de interação performativa.

Este enquadramento é complementado pelas investigações de pesquisadores da Universidade de York, como Hunt, Wanderley e Kirk (2000) através do seu estudo. Por fim, incluem-se as contribuições de Wanderley (2001), que exploram as relações entre gestos, mapeamento e controlo de instrumentos musicais. Estes estudos sustentam a pesquisa ao abordar a importância do mapeamento e do controlo gestual na criação de instrumentos interativos e nas práticas de improvisação ao vivo.

1.9 Percurso expositivo

Os pontos desta pesquisa estão organizados da seguinte forma:

2. Gênese: Este ponto inicia a pesquisa com a questão fundamental: o que podemos entender por som? São apresentados dois eixos de reflexão – o psicológico e o físico -, que estabelecem o fundamento da música enquanto arte e ciência. Aliada a este quadro teórico, é explorada a criatividade proveniente das ciências matemáticas e a sua relação com a música. Este percurso abrange as características criativas dos números no uso da computação e o paradoxo da matemática. Neste contexto, são analisados os pressupostos históricos da computação, destacando a *Máquina de Turing* e as estratégias de composição que ela possibilitou, nomeadamente as desenvolvidas por Xenakis, que aplicou o conceito de probabilidade na composição musical.

3. Automação: Neste ponto, desdobra-se a ideia de computador enquanto instrumento e o seu uso na composição, através do conceito de «som organizado» de Edgar Varèse. Parte-se, então, para a definição de *Computer Music* e a composição algorítmica, com base nas observações de Collins e Essl. A partir deste ponto, o discurso é expandido para abordar o automatismo, as suas características e os seus propósitos, na prática musical.

4. Circularidade: Com os princípios de automação apresentados, o percurso avança para as particularidades do automatismo computacional, através dos domínios da cibernética com base no trabalho de Wiener. O conceito de circularidade é analisado a partir de técnicas de *feedback* e das estratégias de interação no espaço. Esta perspetiva permite conceber novas estratégias para o computador enquanto instrumento e enquanto método composicional.

5. Interpretação Aberta: Este ponto aborda as bases filosóficas do conceito de «interpretação aberta», através da obra de Eco. Este conceito é aplicado a práticas musicais com o computador, através da aleatoriedade e o generativo. São explorados os contributos de Brian Eno e John Cage para fundamentar esta abordagem assim como a atitude criativa e performativa de David Tudor.

6. Som Processual: A partir da abordagem anterior, este ponto apresenta o enquadramento do processo e da forma de construção de uma música através de processos. São analisadas as estratégias composicionais de Koenig, o uso de processos probabilísticos

por Xenakis e as possíveis soluções para o design composicional com recurso a redes, através do pensamento de Horacio Vaggione. O objetivo é estruturar o caminho para o ponto seguinte, dedicado à síntese.

7. Modelos de Síntese: Após a apresentação das estratégias, o percurso avança para a observação das transformações e dos tipos de síntese, com ênfase na síntese abstrata. Nesta secção, são expostos os princípios e a natureza desta abordagem, modelos que não são acústicos. Este ponto explora as primeiras experiências de síntese analógica e digital, que culminam em novos métodos para criar microsom. Esta discussão é estendida ao contexto da *Musique Concrète*, com os seus pressupostos e características estéticas, que serão fundamentais para os pontos seguintes.

8. Análise e Concatenação: Este ponto associa a *Musique Concrète* a métodos de síntese, com o foco na síntese concatenativa. Esta abordagem é explorada a partir das relações com os primeiros estudos de síntese de voz e a integração com o *Music Information Retrieval* (MIR). Este ponto é formalizado através da análise de ferramentas, como a biblioteca MuBu, o instrumento CataRT de Schwarz e o SP-Tools da biblioteca FluCoMa, desenvolvida por Constanzo. Estas ferramentas são aplicadas na criação de módulos de análise e de um corpus sonoro em Max MSP, integrados ao Ableton Live para contextos de música ao vivo.

Associado às particularidades das transformações, este ponto discute os tipos de efeitos que podem ser incorporados nesta estratégia, como análises dinâmicas que permitem construir estruturas e estratégias composicionais através de impulsos.

9. Microsom: Este ponto é central para a compreensão do instrumento proposto e o seu contexto performativo. São analisadas as relações entre os descritores, as propriedades tímbricas. O conceito de microsom é discutido no âmbito do corpus sonoro e na sua ligação com a síntese e a composição a várias escalas temporais. As relações entre frequência e tempo são exploradas com base nas contribuições de Roads, Truax e Scipio, e as estratégias de micromontagem descritas por Vaggione.

10. No Espaço e no Momento: Após a apresentação dos conceitos de forma atômica, este ponto foca-se no contexto performativo ao vivo. A pesquisa utiliza as conceções de Scipio, seguidas pela reflexão ética de Cardew sobre a captura do momento performativo. Este ponto é contextualizado na estética musical da improvisação não idiomática, baseada nos contributos de Bailey, Cardew e Barrett. São analisadas estratégias, qualidades e

conceitualizações que permitem enquadrar uma atitude exploratória e visceral no contexto da música ao vivo.

11. Design de Instrumento: Com base na visão anteriormente apresentada, este ponto discute o design de instrumentos interativos, incluindo a incorporação de sensores. O objetivo é estabelecer um quadro técnico e teórico relativo à natureza digital do computador. São analisados os agentes envolvidos na relação entre o músico, o instrumento, plataformas e instituições, destacando os problemas inerentes a esta relação. O ponto culmina com observações sobre as possibilidades futuras de desenvolvimento instrumental.

2. Génese

2.1 O que é o Som?

No mundo contemporâneo, o progresso proporcionado pelos novos meios tecnológicos, bem como os avanços na ciência, permite-nos reavaliar conceitos fundamentais e questionar linhas de pensamento. Um dos exemplos mais clássicos deste tipo de reflexão é a célebre questão: se uma árvore cair numa floresta e não estiver lá ninguém para ouvir, será que existe som?

Esta pergunta pode ser interpretada de diferentes perspetivas. Do ponto de vista da física, a resposta é afirmativa. O som, de acordo com as leis da acústica, é definido como uma onda de pressão que se propaga através de um meio. Assim, podemos afirmar que, se uma árvore cair, esta causará uma perturbação no meio, o que resulta numa oscilação de pressão que, em condições normais, seria percecionada pelo ouvido humano.

Contudo, se a questão for analisada a partir da perspetiva da perceção, a resposta pode ser distinta. Nesta abordagem, podemos recorrer à filosofia de George Berkeley, que defendia a ideia de que «existir é ser percecionado» (*esse est percipi*). Para Berkeley (2003), a existência dos objetos depende do facto de serem percecionados por uma mente consciente. Sob esta ótica, se não houver ninguém presente para ouvir a queda da árvore, o som, enquanto fenómeno, não existirá, pois não é experienciado por um ouvinte consciente. Este posicionamento insere-se no campo do idealismo, onde o mundo material é concebido como uma construção mental dependente da perceção.

No mundo físico, se por «físico» nos referimos a qualquer forma de matéria ou substância que existe independentemente de uma consciência, os objetos físicos só existem

na medida em que são percecionados na mente. Este ponto de vista aproxima-se do idealismo filosófico, segundo o qual não existe uma substância independente de quem a percebe.

Neste contexto, podemos perguntar: o que realmente pensamos quando nos referimos à palavra «som»? Quando o cérebro recebe impulsos elétricos através da ligação entre o ouvido e o sistema nervoso, o som da árvore a cair instala-se na mente. No entanto, ao longo desse percurso, não há «som» no sentido convencional. O que viaja ao longo dos nervos é apenas eletricidade – impulsos elétricos que resultam da conversão das ondas de pressão captadas pelo ouvido. O cérebro, ao receber esta eletricidade proveniente de múltiplos nervos, traduz o processo numa perceção consciente, que é aquilo a que chamamos «som».

Assim, o som, tal como o percebemos, é na verdade criado pelo cérebro. Da mesma forma, as cores também resultam do processo de interpretação cerebral, desencadeado pelas ondas luminosas que atingem o olho. Se não existirem ouvidos, olhos ou outros órgãos sensoriais capazes de captar essas ondas, não haverá nem som nem cor. Esta lógica aplica-se a todos os sentidos humanos. A nossa perceção do mundo é, portanto, mediada por estímulos externos que são captados pelos nossos órgãos sensoriais e transmitidos ao cérebro através dos nervos. Quando esses estímulos chegam ao córtex cerebral, são processados e transformados em perceções conscientes, o que nos permite «ver» e «ouvir» o mundo. No entanto, o que experienciamos não é o mundo em si, mas uma interpretação cerebral resultante de sinapses e descargas nervosas.

Se analisarmos o som na sua forma de onda, o conceito revela uma dualidade: de um lado, temos a dimensão física e objetiva; do outro, a dimensão subjetiva e consciente. Este último aspeto é abordado pela psicoacústica, um campo de estudo que desloca o foco para o modo como o ser humano interpreta o som. Nesta perspetiva, ouvir não se resume a receber ondas de pressão no ouvido. Pelo contrário, o som só ganha sentido quando atinge o cérebro e é processado de forma consciente. Assim, na psicoacústica, o som não é visto apenas como uma perturbação num meio elástico, mas como uma sensação subjetiva, onde a interpretação desempenha um papel fundamental.

Os postulados anteriores demonstram que o entendimento do que é o som pode ser abordado a partir de diferentes campos, nomeadamente o artístico, o científico e o filosófico. Ao longo da história, muitos físicos e matemáticos também foram praticantes de música, o que revela uma relação estreita entre estas áreas do conhecimento (Risset, 2014).

Esta relação entre compositor e cientista é de grande relevância para a presente investigação, pois evidencia que essas atividades não são independentes, mas sim complementares. A interseção entre os campos artístico e científico permite o intercâmbio de conhecimentos e práticas, promovendo avanços em ambas as áreas. Como afirma Risset

(1994), “My scientific work on sound synthesis and perception brings with it novel possibilities for sculpting sounds, and I take advantage of those possibilities to make music” (p. 257). Esta afirmação sublinha a importância das descobertas científicas na criação musical, destacando a forma como a síntese sonora e a percepção auditiva abrem novas possibilidades para a composição.

Tais novas possibilidades residem no uso do computador, onde conceitos como algoritmos são aplicados à música, criando uma relação direta com a matemática e a imaginação. No entanto, em contraste com esta visão, os fundamentos gregos, especialmente na perspectiva do filósofo Aristóxeno, destacam que os princípios da música não se encontram apenas nos racionais numéricos, mas no ouvido humano. Esta abordagem encontra ressonância na síntese computacional, que reforça esta perspectiva ao evidenciar a importância da percepção auditiva no processo de criação musical, servindo de base para o surgimento da psicoacústica.

As análises de Risset (1988) demonstram que a formalização digital do som no computador pode revelar a presença de ilusões e paradoxos auditivos, evidenciando a forma como a percepção humana do som é suscetível a distorções cognitivas.

O poder computacional, no entanto, não é absoluto. Paradoxalmente, a mesma característica que torna o computador tão poderoso e útil – a sua capacidade de resolver problemas complexos – também impõe limites fundamentais aos problemas que pode solucionar. Este limite está embutido na própria natureza da computação e foi explorado inicialmente nos postulados de Turing sobre a incompletude computacional.

2.2 Paradoxo criativo

O compositor Xenakis (1971) explora o papel do computador na composição musical, afirmando que, embora os computadores resolvam problemas lógicos por meio de métodos heurísticos, eles não são responsáveis pela introdução da matemática na música. Pelo contrário, é a matemática que utiliza o computador como ferramenta de apoio no ato composicional.

Neste contexto, Xenakis (1971) estabelece seis pontos fundamentais que delineiam a relação entre o ato artístico e o computador, que servem como ponto de partida teórico para a utilização do computador na composição musical:

1. A criatividade é fruto de mecanismos mentais conjuntos de restrições e escolhas, sendo este processo comum a todos os domínios do pensamento, incluindo as artes.

2. Alguns destes mecanismos podem ser expressos em termos matemáticos, o que permite a sua análise, abstração e formalização.
3. Alguns destes mecanismos podem ser concretizados fisicamente, como acontece com invenções como a roda, motores e computadores digitais e analógicos.
4. Certos processos mentais têm correspondência com mecanismos da natureza, o que sugere uma ligação entre as operações mentais e as leis naturais.
5. Certos aspetos mecanizáveis da criação artística podem ser simulados por mecanismos físicos ou por máquinas criadas para esse fim, o que aponta para a possibilidade de o computador desempenhar um papel na automatização de certos processos criativos.
6. Os computadores podem ser úteis de várias maneiras, seja como ferramentas de cálculo, simulação de processos ou geração de material musical.

Na visão de Xenakis (1971), o papel do compositor contemporâneo evolui em duas direções principais: por um lado, através do uso de novas estratégias gráficas e, por outro, pela criação de novos métodos de construção e produção sonora. Esta transformação amplia o campo de atuação do compositor, que passa a incorporar métodos antigos e modernos, tanto com instrumentos acústicos, eletrónicos e digitais.

Estas inovações são fruto de descobertas fundamentais nas áreas da matemática, lógica, física e, especialmente, da computação. Este novo paradigma permitiu que os processos mentais fossem incorporados de forma direta e ativa na composição. A computação viabilizou a experimentação imediata e a verificação de hipóteses em todas as fases do processo criativo.

A música, pela sua natureza abstrata, foi a primeira das artes a tentar conciliar a criação artística com o pensamento científico. Esta perspetiva é enfatizada por Xenakis (1971), que sublinha o papel pioneiro da música na adoção de modelos formais e computacionais na criação artística. Esta ligação entre o pensamento científico e a criação musical é ilustrada pelo uso de processos probabilísticos, bem como pela aplicação de modelos matemáticos e computacionais que permitem ao compositor expandir a complexidade das obras.

A relação entre a música e a matemática remonta às investigações de Pitágoras, que explorou as propriedades acústicas do monocórdio, um instrumento de uma única corda. Através deste instrumento, Pitágoras verificou que as vibrações produzidas pela corda, ao variar o seu comprimento, cria intervalos musicais que podem ser expressos por proporções de números inteiros. Esta aplicação da aritmética à observação das vibrações das cordas

demonstra a aplicação direta da física à música. Esta ideia está bem sintetizada na máxima: "Numbers rule the world – the rules of musical harmony as well as the motion of stars" (Risset, 2014), sublinhando a conexão entre as leis da harmonia musical e as leis que regem o movimento dos corpos celestes. A contribuição de Pitágoras reside, assim, na união entre intuição e lógica, promovendo a integração da música e da matemática.

Com esta relação entre a música e a tecnologia, observa-se que a interação entre ciência e arte não é limitada a laboratórios científicos. Esta prática desenvolveu-se também em estações de rádio, estúdios de gravação, universidades e comunidades artísticas. A introdução do computador neste contexto transformou o campo musical. Músicos, físicos e engenheiros passaram a ser capazes de criar qualquer forma de onda por meio de sequências de números digitalizados. Esta transposição da música para o domínio numérico abriu a possibilidade de realizar rotinas estatísticas e de aplicar modelos matemáticos à música computacional.

2.3 Computação e Autorreferência

A visão tradicional da matemática como uma ciência fornecedora de verdades absolutas tem sido contestada ao longo dos últimos dois séculos. Esta contestação deve-se, em parte, à descoberta de geometrias alternativas e à criação de sistemas numéricos não convencionais, que desafiaram a ideia de uma matemática única e imutável.

De acordo com Lekkas (1992), a matemática distingue-se de outras ciências pelo seu modo de validação. Enquanto a física valida as suas teorias através de experiências e observações empíricas, a matemática não se baseia em factos provenientes do mundo real. Na física, a validade de uma teoria é confirmada quando os resultados experimentais correspondem às previsões teóricas. No entanto, no caso da matemática, a verdade é estabelecida através de provas e demonstrações formais, que garantem a validade dentro de um sistema axiomático previamente definido.

Lekkas (1992) destaca que os axiomas são, em última instância, ferramentas de escolha livre, não derivadas de factos observáveis, mas de decisões formais tomadas no contexto de um sistema lógico. Como afirma o autor, "They apply to nothing, to nothing tangible that is" (Lekkas, 1992, p. 5). Esta perspetiva revela a natureza abstrata e autorreferencial da matemática, onde as suas construções não se aplicam necessariamente ao mundo tangível, mas a um universo conceptual e simbólico.

Embora muitos matemáticos considerem a matemática uma disciplina de validade universal, capaz de descrever a realidade (Kuhn, 2024), a sua aceitação foi reformulada ao longo do tempo. A crise nos fundamentos da matemática, que ocorreu entre os séculos XIX e

XX, teve origem na relação entre a matemática e a lógica, da qual emergiram paradoxos e contradições. Nesta perspectiva, a lógica tem o objetivo de justificar as teorias matemáticas e fundamentá-las por meio de uma definição rigorosa, assegurando a coerência do raciocínio e a validade das demonstrações.

Um marco importante nesta discussão foi a contribuição do matemático David Hilbert, que, em 1900, propôs um conjunto de axiomas com o objetivo de resolver a crise nos fundamentos da matemática e de evidenciar a sua lógica. Para atingir esse propósito, Hilbert procurou responder a três questões fundamentais: se a matemática é completa, consistente e definível. No contexto da terceira questão, o autor introduziu o conceito de «procedimento de decisão», hoje conhecido como algoritmo, cuja intenção era encontrar um método universal que pudesse resolver qualquer problema de decisão matemática. Essa proposta visava a mecanização do raciocínio matemático, permitindo que a própria disciplina pudesse provar a sua validade de forma independente.

De acordo com Kuhn (2024), esta visão é discutida em entrevistas com dois matemáticos influentes. Na entrevista com Roger Penrose, este afirma que a matemática dispõe de ferramentas capazes de desvendar o mundo em que vivemos, com uma margem de erro extremamente reduzida. Por outro lado, Gregory Chaitin defende que a matemática se desdobra a partir de uma realidade que emerge da própria natureza numerológica, não estando necessariamente ancorada na realidade física.

No contexto computacional, a lógica utilizada para realizar o processamento simbólico baseia-se no conceito de autorreferência, que desempenha um papel fundamental na abordagem das questões ligadas à crise dos fundamentos da matemática. Este conceito está intimamente relacionado com o chamado paradoxo da autorreferência, que remonta à filosofia da Grécia Antiga, sendo ilustrado pelo conhecido Paradoxo do Mentiroso, atribuído a Epiménides. Neste paradoxo, Epiménides, um cretense, declara que "todos os cretenses são mentirosos", o que cria uma contradição, pois, sendo ele próprio um cretense, a veracidade da sua afirmação é colocada em dúvida. De forma similar, o paradoxo pode ser expresso pela frase "esta frase é falsa", que, se verdadeira, se nega a si mesma, e, se falsa, afirma a sua própria veracidade (Hofstadter, 1979).

Estes princípios filosóficos tiveram uma influência determinante no desenvolvimento da teoria da computação. Gödel utilizou a autorreferência para formular uma proposição matemática que afirma a própria impossibilidade de ser provada no interior de um sistema formal. Esta abordagem, essencial para o Teorema da Incompletude, recorre ao uso de uma declaração que «fala» sobre si mesma, configurando um paradoxo que desafia a lógica tradicional.

2.4 A Máquina de Turing

O desenvolvimento deste raciocínio levou Alan Turing a conceber uma máquina teórica com o objetivo de abordar o *Problema de Decisão* na matemática. Esta máquina, posteriormente conhecida como *Máquina de Turing*, foi projetada para determinar se seria possível prever se um determinado programa ou algoritmo pararia ou continuaria a executar indefinidamente. Contudo, Turing demonstrou que a resposta a esta questão não é possível, a partir de um pedaço de código, determinar de forma geral se um programa vai parar ou não. Este resultado, conhecido como o *Problema da Paragem*, tem implicações profundas na lógica e na filosofia, revelando que existem questões irresolúveis. Assim, iremos ter sempre perguntas abertas nos domínios da computação.

Turing também abordou a relação entre a computação e a criação de algoritmos, que pode ser observada na sua obra “On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem” (Turing, 1937). Neste trabalho, ele formalizou o conceito de «máquinas de Turing», dispositivos teóricos que realizam operações computacionais de forma universal. Estas máquinas são capazes de executar qualquer operação de um computador moderno, sendo, por isso, a base teórica para o desenvolvimento das linguagens de programação que viriam a surgir mais tarde. Entre essas linguagens, destaca-se LISP (1956), criada por John McCarthy, Fortran (1953), desenvolvida por John Backus, e linguagens relacionadas à música computacional, como as séries *Music I* e *Music N*, de Max Mathews, que deram origem ao Csound⁴ (1986), criado por Barry Vercoe. Outras ferramentas importantes foram Max (1980) e Pure Data⁵ (1986), ambas concebidas por Miller Puckette, e SuperCollider⁶, desenvolvido por James McCartney em 1996 (Nierhaus, 2009).

O modelo teórico proposto por Turing proporciona uma série de abstrações universais que possibilitam a formalização de operações computacionais. Isso significa que os programas desenvolvidos dentro deste paradigma podem ser executados em todos os computadores. O funcionamento básico de uma máquina de Turing envolve a manipulação de sequências de valores binários (0 e 1) numa fita de memória teórica de capacidade infinita. Essa fita pode mover-se para frente e para trás, permitindo operações de leitura, escrita e eliminação de informações em etapas discretas. O processo é controlado por um verificador que assegura a execução correta das operações.

No seu artigo “On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem” (Turing, 1937), Turing não apenas formalizou o conceito de

⁴ <https://csound.com>

⁵ <https://puredata.info>

⁶ <https://supercollider.github.io>

computação, mas também definiu a noção de algoritmo e a estrutura teórica para a universalidade computacional. Este marco deu origem ao que hoje conhecemos como a ciência da computação. Uma das implicações mais significativas do seu trabalho foi a demonstração de que existem problemas que não podem ser resolvidos algoritmicamente, estabelecendo limites para o que pode ser formalmente provado ou computado. Compreender esses limites torna-se essencial para o campo artístico, pois permite que práticas artísticas e criativas explorem as fronteiras entre ciência e arte. No ponto seguinte, analisaremos a influência deste conceito nas práticas composicionais do músico e compositor Iannis Xenakis.

2.5 Números e Música

Para Iannis Xenakis, as referências a fenômenos sonoros complexos representam uma oportunidade de aplicar a teoria das probabilidades, desenvolvida por Pierre-Simon Laplace. O uso de modelos matemáticos é tido na crítica de Xenakis à prática serialista, que é baseada em séries numéricas para criar complexidade. No entanto, segundo o compositor, esta complexidade é anulada pela própria técnica utilizada, uma vez que o ouvinte é confrontado com uma massa sonora densa, constituída por notas em diferentes registros, que dificultam a distinção das camadas sonoras. A estratégia de Xenakis, por sua vez, valoriza a média estatística dos estados sonoros isolados e as transformações dos seus componentes num determinado intervalo de tempo. Com este método, é possível conceber formas orgânicas de unificação entre materiais sonoros, controladas pela média dos movimentos dos elementos sonoros selecionados (Xenakis, 1971). Este processo conduz à descoberta de novas texturas sonoras, permitindo o controlo contínuo das transições entre massa e partícula sonora.

A exploração da probabilidade por Xenakis surge da relevância estrutural deste modo de pensamento. Segundo o compositor, a estocástica reflete o movimento de passagem da ordem para a desordem e vice-versa, de forma contínua ou explosiva (Xenakis, 1971). Este conceito manifesta-se nas suas obras, que criam efeitos de movimentos de massas sonoras, em que as transições entre ordem e desordem são perceptíveis. Para compreender este conceito, pode-se considerar que a probabilidade é um campo derivado da lógica matemática, onde a atribuição de valores numéricos facilita a organização dos elementos sonoros, permitindo a sua manipulação enquanto material musical.

Para Xenakis, as leis da probabilidade permitem organizar as massas sonoras segundo uma lógica de distribuição, em que é necessário definir uma média ou densidade como parâmetro de variação dessa massa. As transformações de massa sonora estão relacionadas com leis probabilísticas conhecidas, como a Lei de Maxwell-Boltzmann, a

distribuição de Gauss e o modelo Poisson, que desempenham um papel fundamental na formulação estética do som. No entanto, essas fórmulas e cálculos não são traduzidos de forma mecânica na composição. Segundo Xenakis, o processo criativo requer uma intervenção ativa do compositor, o que afeta não apenas a aplicação prática do modelo teórico, mas também a sua própria construção. Estas intervenções permitem a inclusão da sensibilidade e do gosto do compositor no processo, seja na escolha manual dos parâmetros ou na interação com o sistema computacional. Assim, os números e equações não constituem o objetivo final, mas são formas que impulsionam a criação de construções lógicas e artísticas (Solomos, 2020; Xenakis, 1971).

Por um lado, podemos afirmar que o uso de números nas práticas musicais serve de ferramenta para a produção de material sonoro, dando origem a efeitos estéticos obtidos por meio de etapas complementares e, ao mesmo tempo, independentes. Por outro lado, as intervenções manuais são inevitáveis, sobretudo devido a erros nos cálculos matemáticos que surgem na transposição de um sistema de representação teórica para um sistema musical. Essas intervenções tornam-se necessárias para adaptar os cálculos às características dos sons, ao contexto musical e até às capacidades técnicas dos intérpretes. Isso significa que a implementação prática do sistema teórico nem sempre é automática, mas requer ajustes humanos. Este processo não implica que as obras resultantes sejam meras «ilustrações» de teorias matemáticas. Por exemplo, *Nomos Alpha* não é uma simples representação da teoria dos grupos, *Herma* não é uma tradução direta da lógica simbólica, e *Horos* não é uma ilustração de um autômato celular (Solomos, 2023).

3. Automação

3.1 Emancipação do Som

A evolução tecnológica não é limitada à resolução de problemas preexistentes, mas também possibilita a formulação de novos desafios artísticos e estéticos. Nesse contexto, surge uma nova forma de experimentar e apreciar os sons não musicais enquanto objetos estéticos. A introdução da eletrônica na música revela as limitações da abordagem tradicionalista, já que muitos dos aspetos explorados na música eletrônica transcendem as noções de melodia, harmonia e ritmo, focando-se na qualidade estética do som enquanto matéria bruta e maleável.

Com o objetivo de restaurar o domínio criativo sobre o som, a década de 1950 foi marcada pela necessidade de desenvolver novos métodos de organização e controlo do material sonoro. O compositor francês Edgar Varèse desempenhou um papel fundamental

neste processo, sendo considerado um pioneiro na elaboração do conceito de som enquanto material composicional sujeito a processos ao longo do tempo. Varèse rejeitou o termo «música», por considerá-lo demasiado vago, e preferiu usar a expressão «som organizado», inspirando-se na visão do filósofo e matemático polaco Wronsky, que definia o som como "a corporização da inteligência que está nos sons" (Varèse, 1966, p. 199). Para Varèse, o som não é limitado a notas musicais, mas abrange também o ruído que quando é organizado, torna-se parte da linguagem musical. Assim, rompeu com a separação tradicional entre som e ruído, afirmando que qualquer som poderia ser musical, desde que estivesse formalmente estruturado (Solomos, 2020).

Esta perspectiva também é tida no conceito de música concreta, usa gravações sonoras de ruídos ou de sons do quotidiano, permitindo a exploração de uma nova estética baseada na manipulação do som gravado. Varèse, influenciado pela filosofia e pela ciência, defendia que a música deveria acompanhar o espírito da sua época, assumindo a tecnologia como parte essencial do seu processo criativo. De acordo com Risset (2004), apesar dos esforços de Varèse, ele não conseguiu convencer cientistas como Harvey Fletcher de que a ciência poderia beneficiar da investigação musical. No entanto, o objetivo de Varèse não era a ciência em si, mas a utilização da tecnologia para expandir as possibilidades sonoras para além das limitações impostas pelos instrumentos acústicos tradicionais (Risset, 2004). A introdução de instrumentos eletrónicos e dispositivos de gravação permitiu a criação de novos timbres e texturas sonoras, criando uma distância das conotações do passado musical dando origem a novas abordagens experimentais e exploratórias.

A visão de Varèse materializou-se numa prática que procurava transmutar o som de forma a permitir um juízo estético por parte do ouvinte. Este método sugere que o som não é apenas um meio para expressar a música, mas também um fim estético em si mesmo. Esta abordagem levou à aproximação entre arte e ciência, uma vez que a criação musical exigia uma compreensão mais profunda da acústica, da psicoacústica e da tecnologia de produção e reprodução sonora. Para Varèse, a tecnologia não era apenas uma ferramenta, mas um novo meio de produção e reprodução que lhe permitia superar as limitações dos instrumentos tradicionais. Esta abordagem culminou na profecia de Varèse, que afirmava que o computador era a «nova fronteira» na criação musical (Varèse, 1966).

A emancipação do som está relacionada com a possibilidade de controlar o material sonoro, moldando-o de acordo com a visão do compositor. Varèse preconizava a criação de instrumentos eletrónicos que permitissem manipular o som de forma mais precisa e obediente ao pensamento do compositor. Ele vislumbrava um corte com o passado, superando as restrições técnicas dos instrumentos acústicos e o número limitado de timbres. Esse desejo traduziu-se na criação de instrumentos capazes de produzir uma nova gramática musical,

onde o som era libertado das convenções tonais e das formas clássicas de organização musical.

A expressão de Varèse, "*le computer, c'est la nouvelle frontière*", simboliza esta visão de uma fronteira tecnológica que permitiria uma renovação completa da prática musical. Essa perspectiva antecipou o desenvolvimento da música eletrônica e eletroacústica, onde o som, enquanto material básico, pode ser modelado e controlado de forma programada. Desde as primeiras experiências com o computador, o foco principal não era o hardware, mas sim o software. Segundo Risset (2004), o essencial estava no «know-how», ou seja, na habilidade de criar e manipular o timbre, algo que foi desenvolvido a partir da década de 1960 com a criação de sintetizadores digitais. Este processo culminou na possibilidade de explorar o som de forma mais flexível, não apenas em termos de timbre, mas também de conceitos e, processos criativos computacionais.

Atualmente, as ferramentas computacionais permitem uma maior versatilidade no tratamento do som, possibilitando a criação de novos paradigmas composicionais. A música não é mais limitada pelos instrumentos físicos ou pela destreza do intérprete, mas pelo nível de programação e criatividade que o compositor consegue aplicar ao software. Esta lógica de trabalho permite uma maior flexibilidade e uma aproximação entre as áreas da arte, da ciência e da tecnologia, o que faz com que o som seja entendido como um elemento dinâmico e moldável sujeito a processos. A partir desta perspectiva, a música torna-se um campo de experimentação, onde o som pode ser inteiramente construído, modificado e projetado no tempo e no espaço.

3.2 Computer Music

A arte e a ciência têm evoluído num diálogo intrínseco e inseparável, de tal forma que é impossível dissociar a música da tecnologia. Com o advento dos computadores e a sua presença no quotidiano, o termo *Computer Music* (música computacional) tornou-se menos preciso e, em certo sentido, enganador, uma vez que, nos dias de hoje, praticamente toda a música envolve na sua fase de produção a utilização de computadores. Diversos géneros e estéticas emergem neste contexto, cada um com propósitos distintos e formas próprias de apropriação das ferramentas computacionais.

Para Collins (2010), o termo *Computer Music* refere-se a práticas musicais que utilizam o computador e os microprocessadores em todas as etapas de produção, que vão desde a composição, edição, síntese de som e processamento até à execução em tempo real. Esta definição inclui desde práticas ligadas à música eletroacústica até às performances de

música generativa e algorítmica, onde o computador não é apenas um meio, mas um agente criativo.

O marco inicial desta prática remonta a 1960, com o surgimento da Illiac Suite, a primeira partitura composta por um computador. O projeto foi desenvolvido por Lejaren Hiller e Leonard Isaacson nos laboratórios de pesquisa da Bell Laboratories, nos Estados Unidos (Roads, 2001). As suas experiências com composição automatizada demonstraram que o computador era capaz de simular procedimentos formais de composição, desde métodos determinísticos com regras fixas para a definição de notas musicais, até métodos estocásticos, baseados na teoria da probabilidade para criar variações nas composições.

Os conceitos computacionais aplicados à música abrem espaço para múltiplas perspetivas, que vão desde as abordagens comerciais focadas no entretenimento até às mais experimentais e vanguardistas. Para Varèse, o computador era visto como um instrumento libertador, pois permitia a superação das limitações impostas pela música tradicional, que se encontrava condicionada pela separação entre compositor e intérprete e pelas restrições dos instrumentos acústicos convencionais. A introdução do conceito de acusmática reforçou essa perspetiva. O termo «acusma» remonta às práticas de ensino da escola pitagórica, onde os mestres ensinavam ocultos por uma cortina. No campo musical, a acusmática refere-se à experiência de ouvir sons sem conhecer a sua fonte, uma prática ganhou relevo com a *Musique Concrète* e com a gravação por fita magnética (Kane, 2014). No entanto, o computador amplificou essa possibilidade, uma vez que o som, agora digitalizado, pode ser separado da sua fonte original e manipulado de forma independente.

Na música eletrónica, as primeiras práticas de produção sonora envolviam o uso de osciladores de onda e ruído, cujos sons eram gravados em fita e posteriormente organizados. Este processo manual e demorado foi, gradualmente, substituído pelo uso de computadores, que introduziram novos métodos de síntese de som e automatização do processo. O computador revelou-se um instrumento versátil, tanto na composição de novas obras musicais como na criação de novos timbres. Esta versatilidade deve-se à capacidade de executar composições e processos de transformação sonora que, no passado, levariam meses num estúdio analógico, mas que, no computador, podem ser realizados em segundos. Esta capacidade possibilita a automatização de rotinas de trabalho, onde o computador executa tarefas, permitindo ao compositor focar-se no controlo criativo e na exploração conceptual (Berg, 2009).

A composição musical através de computador não é limitada ao controlo de notas ou à tradução de uma partitura convencional. De facto, o processo de tradução de ideias musicais para o computador difere significativamente do processo de composição instrumental tradicional. Com o computador, a linguagem simbólica de notação musical é substituída por

linguagens de programação ou interfaces gráficas, que permitem a representação visual e matemática do som. Este conceito foi explorado por Xenakis, que, com o software UPIC, criou que permite a visualização e manipulação gráfica dos sons. A composição já não é limitada ao controlo de notas musicais e passa a envolver o controlo de todos os parâmetros do som, como o timbre, a frequência e a textura, de forma analítica e sistematizada.

Este conceito de controlo é herdado do serialismo, cujo objetivo era controlar de forma minuciosa todos os parâmetros musicais, desde a altura e duração até ao ritmo e dinâmica. A lógica de controlo foi, posteriormente, expandida para a síntese sonora com Robert Bayle e para a *Elektronische Musik*, onde as microestruturas do som eram compostas de forma analítica. Stockhausen, nas suas obras *Studie I e II* (1953), explorou a síntese aditiva a partir de sinusoidais geradas por computador, inspirando-se nos princípios de Fourier. Este método permitiu que cada elemento do som fosse produzido sinteticamente e controlado individualmente (Schnebel, 1964).

A importância de produzir novos sons surge da necessidade de construir novos timbres e controlar de forma precisa os seus parâmetros. Os computadores permitem a criação de envelopes espectrais e dinâmicos, o que facilita a transformação do timbre e a variação de intensidade.

Claramente, a *Computer Music* não se limita à simulação de composições por parte do computador. Em vez disso, trata-se de uma abordagem onde o computador serve de plataforma criativa para a exploração do som e do seu potencial expressivo. Como observou Risset (2004), a síntese de som não se limita à imitação dos instrumentos tradicionais, mas oferece a possibilidade de criar sons inéditos. Essa prática marca uma nova forma de formalização do pensamento musical, onde o compositor não apenas "compõe música", mas também compõe o material sonoro com o qual irá compor (Solomos, 2020).

3.3 Composição Algorítmica

Por detrás das diversas abordagens da composição algorítmica, encontra-se um denominador comum: o desejo de criar algo que ultrapasse os limites do conhecimento humano. Desde a antiguidade, o pensamento algorítmico tem sido explorado para produzir obras estéticas e musicais, estabelecendo pontes entre a matemática e a música. Esta relação remonta a Pitágoras (c. 500 a.C.), que via a matemática e a música como estudos complementares. A aplicação de modelos algorítmicos à arte permite superar barreiras de percepção e criar modelos abstratos para compor obras que exploram tanto a ordem quanto a desordem (Essl, 2011).

As origens da composição algorítmica podem ser traçadas por meio de diferentes experiências históricas, desde as primeiras explorações de técnicas algorítmicas para produzir música até à integração mais ampla entre música e matemática muito antes do surgimento dos computadores (Collins, 2018). O termo «algoritmo» tem raízes antigas, cuja origem remonta ao trabalho do matemático árabe Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, no século IX. Embora inicialmente o conceito de algoritmo estivesse associado a métodos de cálculo matemático, a sua aplicação nas artes e na música foi expandida ao longo dos séculos.

Na composição musical, o conceito de algoritmo refere-se a um conjunto de regras ou instruções pré-definidas que permitem resolver um problema de forma sistemática e em etapas limitadas. No contexto musical, isso implica a criação de processos de composição que, uma vez definidos, podem ser executados automaticamente, sem necessidade de intervenção humana. Esta ideia é exemplificada por experiências iniciais, como a de Guido d'Arezzo, que, em 1026, desenvolveu um sistema de mapeamento de notas musicais a vogais, estabelecendo uma técnica de acompanhamento melódico que pode ser vista como uma forma rudimentar de um algoritmo musical.

Outro exemplo é o *Musikalisches Würfelspiel*, o famoso jogo de dados musical do século XVIII, associado a Wolfgang Amadeus Mozart, no qual o compositor lançava dados para determinar diferentes combinações de frases musicais. Mais tarde, William Hayes, no seu tratado *The Art of Composing Music by a Method Entirely New, Suited to the Meanest Capacity* (1751), propôs um sistema em que as notas e contornos melódicos eram determinados pela colocação de pregos e tinta numa matriz, constituindo uma forma primitiva de notação gráfica aleatória. Essas práticas prefiguraram as estratégias aleatórias utilizadas por John Cage, bem como as técnicas automatizadas adotadas por compositores do século XX, como Conlon Nancarrow, que, nas suas *Studies for Player Piano*, utilizou rolos perfurados para criar composições que não podiam ser reproduzidas por intérpretes humanos (Hiller, 1979).

No campo da música computacional, o conceito de algoritmo é frequentemente implementado através de um software de composição. Este processo pode envolver tanto a produção estocástica de notas musicais quanto o controlo de parâmetros sonoros específicos. Um dos precursores desta abordagem foi Xenakis, que recorreu a métodos probabilísticos e à lógica estatística para definir densidades e pesos sonoros. Com o algoritmo ST, Xenakis elaborou a síntese estocástica por meio de cálculos algorítmicos no computador. A sua prática deixou várias decisões de composição a cargo de processos estocásticos, permitindo que as variáveis e formas de onda fossem controladas por instruções probabilísticas.

A partir de uma perspectiva mais contemporânea, o termo algoritmo não se refere apenas a uma sequência de operações formais, mas também a uma forma de interpretar o mundo. No campo das artes, o pensamento algorítmico pode ser associado ao conceito de «planta primordial» do botânico Johann Wolfgang von Goethe, uma visão dinâmica e interconectada, onde uma estrutura teórica inicial contém todos os elementos essenciais que definem as variações das plantas. Essl (2011) apropria-se desta lógica para argumentar que a composição algorítmica é organizada como uma árvore generativa, onde cada «ramo» pode criar variações nos elementos fundamentais da composição musical.

Para Roads (1996), a composição algorítmica pode ser observada em diversas ferramentas e linguagens computacionais. Estes métodos incluem programas de composição automática, linguagens para a transformação de dados musicais, extensões para linguagens de programação e interfaces gráficas que facilitam a interação com sistemas algorítmicos. O som pode ser manipulado e controlado de forma automática ou semiautomática, permitindo que gráficos ou imagens sejam transpostos diretamente para parâmetros musicais (Roads, 1996). Este tipo de abordagem não só expande as possibilidades de criação musical, mas também abre novas formas de colaboração entre arte e tecnologia.

O impacto da composição algorítmica é observado em compositores e programadores que utilizam software generativo para criar música. Este método não se limita à execução de comandos fixos, mas permite a adaptação em tempo real dos parâmetros e a interação entre o compositor e o sistema computacional. UPIC de Xenakis, por exemplo, não produzia só o material de composição, mas permitia também visualizar graficamente os sons, permitindo que o compositor interagisse com o processo criativo. Esta prática foi posteriormente expandida para a criação de linguagens de programação para música, como SuperCollider, Csound e Max/MSP, programas fundamentais na composição algorítmica contemporânea.

A prática de compor com algoritmos evoluiu para incluir processos automatizados que permitem a manipulação de sons, timbres e parâmetros sonoros, que vão além da mera organização de notas musicais. A composição algorítmica tornou-se, assim, uma forma de criação baseada em regras, onde o controlo humano é substituído por processos automáticos, mas sem abdicar da participação criativa do compositor. Este campo de investigação não só contribuiu para a música, sendo hoje uma ferramenta indispensável em música computacional, música generativa e arte sonora.

3.4 Escuta e Automatismo

A composição automática explora uma ampla variedade de abordagens, desde métodos estocásticos e aleatórios até técnicas baseadas em gramáticas generativas. Para o presente contexto, destacam-se os dois primeiros, pois envolvem a criação de uma música com recurso a um computador, resultando numa obra que não é inteiramente concebida pelo ser humano, mas sim parcialmente orientada por um algoritmo.

Os métodos discutidos até agora são sistemas de regras, conhecidos como «rule-based systems», onde as operações seguem uma lógica de progressão de rotinas e sub-rotinas. Neste tipo de abordagem, cada etapa é definida por regras predefinidas que determinam a ação subsequente. Este conceito é aplicado na síntese do som e na manipulação de sons gravados, seja de forma isolada ou em combinação. Nesse caso, os algoritmos de síntese sonora são usados de diferentes formas, desde a construção de formas de onda complexas até à manipulação do timbre ao longo do tempo. Esta capacidade permite uma exploração mais aprofundada do espaço sonoro, pois os algoritmos não só produzem sons, mas também dão origem a uma evolução controlada e contínua do timbre.

Com o avanço da tecnologia, os desenvolvimentos contemporâneos conferem novas possibilidades de interação entre computador e humano. São criados programas que não só compõem automaticamente, mas também «escutam» e «respondem» ao som tocado em tempo real, simulando uma interação entre dois músicos. Um exemplo dessa prática pode ser observado no software Cypher, desenvolvido por Robert Rowe. Este programa permite que o computador atue como um músico virtual, reagindo em tempo real com a música tocada por um humano (Rowe, 1999). O sistema analisa os dados de entrada fornecidos pelo intérprete e, com base em regras de interação, reage e participa no processo de criação musical. A lógica de atuação de Cypher é um exemplo prático da interação na música, sendo o computador capaz de escutar, interpretar e reagir de forma musical. Este tipo de abordagem é baseado numa escuta computacional, em que o sistema analisa os dados em tempo real, e responde de forma musical.

A utilização de algoritmos estocásticos e de regras é uma área ativa de investigação. Muitas direções de pesquisa ainda estão em curso, seja para melhorar o potencial criativo dos computadores ou para explorar novas formas de interação musical. Esta perspetiva reafirma a visão de que o computador não é apenas uma ferramenta, mas um instrumento único com capacidades inigualáveis, onde o potencial para inovação musical é significativo. Estes desenvolvimentos tecnológicos, para além de abrirem novas perspetivas criativas, proporcionam também um espaço para o teste de teorias composicionais. Esta possibilidade

de «ouvir» em tempo real ou de modificar dinamicamente é algo inédito no domínio musical tradicional.

A implementação de sistemas baseados em processos automáticos permite ao compositor não só criar e manipular sons e timbres, mas também investigar de forma interativa a lógica subjacente ao som. Este processo de escuta possibilita um ciclo de feedback onde o compositor experimenta, analisa e ajusta o sistema, obtendo novos conhecimentos a partir do processo. Esta interação aproxima-se de um processo de aprendizagem automática e exploração musical, onde o computador não só segue instruções, mas também responde de forma dinâmica ao que acontece no momento.

A capacidade de o computador funcionar de forma independente e criativa é crucial para expandir a noção tradicional de composição musical. O computador não só é uma alternativa ao estúdio analógico, mas também permite automatizar processos complexos que, no passado, exigiriam um trabalho exaustivo de edição manual. Mais do que uma ferramenta para otimizar processos, o computador cria oportunidades para explorar o som de forma não linear, dando origem a composições que refletem modelos não convencionais de interação. Esta lógica de automatismo musical expande o papel do compositor, que não cria apenas sons, mas também projeta o comportamento sonoro ao definir os parâmetros que o sistema deve seguir.

No contexto mais amplo da composição musical, o automatismo não é limitado a operações técnicas. Ele tem implicações estéticas e filosóficas, na medida em que redefine a relação entre o compositor, o intérprete e o público. Se, tradicionalmente, a música era entendida como a execução de uma partitura por um intérprete, no contexto da Computer Music, o papel do intérprete pode ser desempenhado pelo próprio computador. Isso provoca uma transformação no conceito de autoria, pois o resultado musical emerge da colaboração entre o humano e o computador, desafiando as noções tradicionais de criatividade e autoria musical.

A aplicação de métodos estocásticos, algoritmos de regras e modelos generativos demonstra o potencial para criar obras musicais inteiramente novas, que não seriam possíveis de outra forma. O computador deixa de ser apenas um meio para reproduzir sons e passa a ser um agente criativo, um «co-compositor» que participa no processo artístico. Este processo de co-criação oferece uma abordagem híbrida que funde as capacidades computacionais com a criatividade humana.

Para concluir, o automatismo na música pode ser entendido como a capacidade de o computador criar música de forma independente, com base em regras predefinidas ou modelos probabilísticos. Os desenvolvimentos mais recentes permitem ao computador ouvir, processar e reagir ao som em tempo real, onde a interação entre humano e máquina é unida

numa única prática composicional no momento. Com isso, o papel do compositor expande-se para o de designer de sistemas interativos, onde o objetivo não é apenas compor música, mas também criar mecanismos criativos que exploram o potencial da interação computacional aplicada à música.

Neste sentido podemos criar um sistema que permite tanto compor e tocar sons e dentro do mesmo contexto operar através de elementos que permitam a interatividade. O instrumento que propomos é criado com o computador, este irá conter módulos de produção de som através da síntese concatenativa com sons gravados, métodos de controlo multiparametricos e gestuais, e por fim métodos de análise.

Este último irá permitir uma dicotomia tímbrica e dinâmica a qual será possível associar múltiplos sinais de entrada e mapear as suas características a qualquer parâmetro no Ableton live. Deste modo obtemos uma forma de escuta no instrumento e conseguimos assim obter quatro valores de análise para automatizar várias tarefas. O que executa esta tarefa é o CorpusDescriptors e será exposto no ponto 8 Análise e Concatenação.

4. Circularidade

4.1 Cibernética e Feedback

Podemos afirmar que o som é auto-organizado quando um instrumento ou um sistema cria sons inesperados? No domínio da música experimental, composição algorítmica, música generativa, síntese sonora e produção musical com instrumentos digitais, o conceito de auto-organização surge como uma metáfora para descrever o comportamento de sistemas complexos. Este conceito está relacionado com a cibernética, especialmente com as teorias de autorregulação e feedback, onde o compositor ou o músico atua como um programador, permitindo que o computador ou o sistema sonoro funcione de forma autónoma. Se o resultado não for previamente especificado, podemos afirmar que o sistema foi organizado automaticamente.

Este pensamento é inspirado pelo físico e matemático Norbert Wiener, que, em 1948, iniciou a área de estudos conhecida como cibernética, com a publicação de *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Nesta obra, Wiener propôs a teoria dos sistemas de autorregulação e feedback como sistemas naturais e artificiais que podem ser controlados e monitorizados. O feedback consiste na realimentação da informação a partir do ambiente, possibilitando a correção e o ajuste do comportamento do sistema. Exemplos deste conceito incluem o termómetro, que regula a temperatura com base em informações sobre o ambiente, e o sistema nervoso dos organismos vivos (Winner, 1961).

No campo da música, o conceito de feedback foi adotado tanto na teoria como na prática. Compositores como Bebe e Louis Barron foram pioneiros no uso de circuitos analógicos para a produção de música eletrônica, nomeadamente para a composição sonora do filme de ficção científica *Forbidden Planet* (1956). Os Barron criaram circuitos eletrônicos que produziam sinais de saída que eram reintroduzidos na entrada, formando um ciclo de retroalimentação. Este processo, descrito como um «nervous system», produzia sons caóticos e imprevisíveis (Sanfilippo & Valle, 2013, apud Barron). Esta prática é um exemplo do conceito de circuitos de feedback, que passou a ser uma técnica importante na música experimental.

O uso do feedback na música não é limitado ao contexto eletrónico. Desde a década de 1960, com o desenvolvimento da música ao vivo, surgiu uma prática que procurava trazer para o palco as tecnologias de produção e gravação que estavam confinadas ao estúdio. Dispositivos como gravadores de fita, microfones, geradores de sinais sinusoidais e moduladores de anel começaram a ser integrados nas composições ao vivo, possibilitando o controlo do som em tempo real.

Roland Kayn, por exemplo, com a sua obra *Simultan* (1977), inspirou-se na cibernética para criar composições baseadas em sistemas de autorregulação, através de patches de feedback controlado de forma manual. De forma semelhante Alvin Lucier, na obra *I Am Sitting in a Room* (1969), utilizou o conceito de ressonância e modos próprios de um espaço físico para criar composições em que o som é transformado de forma contínua ao longo do tempo, um processo que pode ser entendido como uma forma de auto-organização sonora.

Outro ponto relevante no campo da cibernética é o conceito de processamento de sinal e o estudo do efeito Larsen, descoberto por Søren Absalon Larsen em 1910. Este efeito ocorre quando o som é captado por um microfone e produzido por um altifalante, em seguida captado pelo mesmo microfone, dando origem a um ciclo de feedback. Este processo produz um aumento exponencial da energia em determinadas frequências. O efeito Larsen é um exemplo clássico de auto-organização acústica, pois o sistema é regulado por si mesmo, produzindo sons que não foram previamente especificados pelo compositor.

O conceito de feedback e cibernética vai além da simples repetição de sinais. Ele permite a criação de modelos dinâmicos de som, onde o comportamento do sistema não é totalmente previsível. Este pensamento influencia não só a música, mas também as práticas contemporâneas de música interativa. No domínio da composição, o conceito de auto-organização é fundamental para explorar o potencial de sistemas que são adaptativos, permitindo que o resultado final seja emergente, ou seja, não previamente determinado e que surge através das suas interações.

4.2 Espaço e Feedback

No contexto da música contemporânea, o espaço surge como uma ferramenta representacional crucial no processo de composição musical. A relação entre som e espaço sustenta a ideia de uma música que é baseada tanto no espaço ecossistémico (Scipio, 2021) como no próprio som (Solomos, 2020). Este conceito é explorado nas práticas de *Live Electronics* desenvolvidas entre as décadas de 1960 e 1970, onde a interligação entre tecnologia e espaço sonoro desempenha um papel fundamental.

Um dos principais expoentes desta prática foi o compositor Gordon Mumma, pioneiro na música computacional e na música eletrónica ao vivo. Neste contexto, Mumma introduziu o conceito de «cybersonic», que designa uma situação de processamento eletrónico onde o som interage consigo mesmo de forma colaborativa, influencia e determina o seu próprio desenvolvimento (Michelle, 2015). O conceito de «cybersonic» está intimamente ligado à lógica da cibernética, uma vez que este tipo de sistema é baseado na autorregulação e no feedback contínuo. Segundo Michelle (2015), Mumma e William Ribbens cunharam o termo «Cybersonics» em 1960, quando fundaram uma empresa em Ann Arbor para a produção de equipamentos de edição e processamento de som ao vivo. Esta abordagem foi possibilitada pelos avanços na tecnologia dos transístores, que permitiram criar circuitos de feedback onde as características do som são realimentadas no sistema e posteriormente modificadas com base no próprio som.

A obra *Cybersonic Cantilevers* (1973) de Gordon Mumma ilustra esta lógica de forma exemplar. Esta peça foi realizada através de uma performance interativa no Museu de Arte Moderna de Nova Iorque, onde o público participava diretamente no processo de criação sonora. O público era convidado a criar e gravar sons, que eram posteriormente processados e transformados em tempo real pelos sistemas cibersónicos de Mumma. Este processo cria uma acumulação e transformação de materiais sonoros ao longo do tempo, resultando numa obra rica e complexa. Aqui, o papel do público não é limitado à audição passiva, mas incluiu uma participação ativa e colaborativa, que altera o resultado final da obra. Esta abordagem representa uma mudança de paradigma na música eletrónica ao vivo, ao deslocar o controlo do sistema para uma interação colaborativa entre o público, o sistema e o intérprete.

David Tudor, outro nome central na exploração da interatividade no som, ampliou esta noção ao afirmar que o potencial musical de um sistema não está no controlo total por parte do compositor, mas sim no modo como o músico descobre as possibilidades do próprio sistema. Tudor explica esta abordagem com a seguinte afirmação: “I try to find out what’s there – not to make it do what I want, but to release what’s there. The object should teach you what it wants to hear” (Schonfeld, 1972, pp. 24–26).

Nesta perspectiva, o papel do músico muda radicalmente. Ele não está mais a «impor» as suas intenções ao sistema, mas sim a revelar as potencialidades já existentes no próprio sistema. Isso significa que o som não é controlado de forma direta, mas emerge da interação entre o sistema, o intérprete e o espaço. A lógica de feedback está diretamente ligada a este conceito, pois a realimentação contínua permite a emergência de comportamentos sonoros inesperados, transformando o som numa entidade independente que participa no processo criativo.

Scipio (2021) aprofunda esta ideia ao propor o conceito de ecossistema sonoro, no qual o sistema não é limitado a produzir sons, pois transforma este de forma recursiva em tempo real. De acordo com Scipio (2021), o feedback é bidirecional, funciona tanto «de dentro para fora» quanto «de fora para dentro» (Figura 2). Esta configuração permite que o sistema seja altamente sensível a variações mínimas na entrada do sinal, produzindo dinâmicas performativas distintas. Quando o sinal de saída de um sistema é reintroduzido na entrada, cria-se uma circularidade caótica e instável, onde o músico interage com o sistema de forma contínua, ajustando a sua forma de tocar às condições emergentes do som.

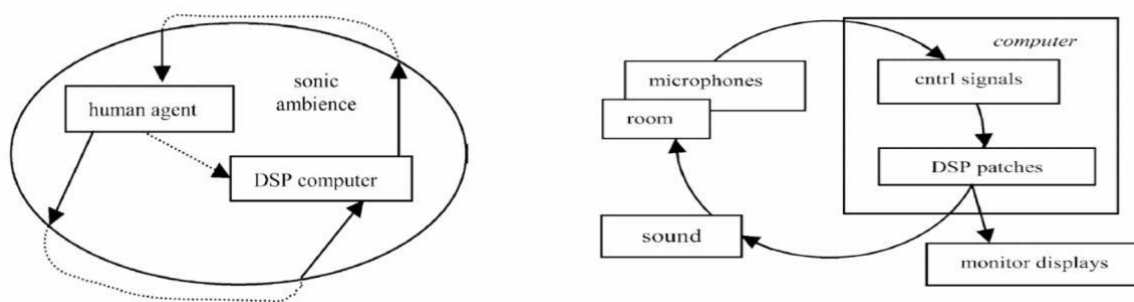


Figura 2 – Interações compostas para a interface ecossistêmica audível (Scipio, 2003)

4.3 Estratégias de Interação

Atualmente, os compositores e músicos têm acesso a um vasto leque de possibilidades para o controlo, criação e organização do som, graças ao desenvolvimento das tecnologias computacionais. A proposta de um sistema sonoro autorregulado e com comportamento autónomo permite que o compositor interaja com materiais musicais criados em tempo real, possibilitando uma influência interativa no som. Esta abordagem tem levado ao desenvolvimento de novas práticas performativas, nas quais o papel do compositor é expandido para o de mediador num sistema de retroalimentação contínua.

Um exemplo deste conceito é a obra *Modes of Interference 2* (2005-2006) de Scipio. Esta peça pode ser interpretada em dois cenários distintos. No primeiro, o sistema funciona de forma totalmente automatizada, sem a necessidade da presença do intérprete, e funciona com base no ruído de fundo do ambiente. No segundo cenário, o intérprete participa de forma ativa, sendo desafiado a interagir dinamicamente durante a performance. Aqui, o intérprete segue uma abordagem improvisacional, orientado por um conjunto de instruções pré-definidas que criam perturbações numa rede de processos (Figura 3), espacializadas no espaço acústico. Esta configuração promove uma circularidade auditiva, em que o intérprete e o sistema são interdependentes, de forma semelhante a uma relação de retroalimentação contínua, característica da lógica do feedback sonoro (Scipio, 2011).

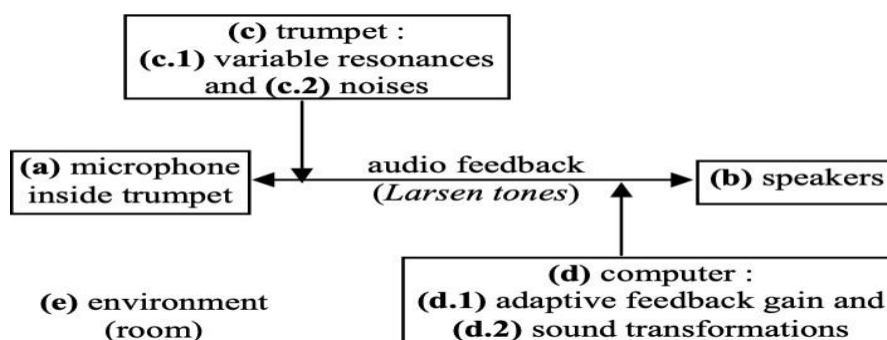


Figura 3 – Esquema de modos de interferência (Scipio, 2010)

Nesta relação entre o intérprete e o sistema, o agente humano atua e o computador reage. Este comportamento contrasta com o de um oscilador de som fixo, que não possui a capacidade de ajustar ou modificar o seu comportamento em resposta a estímulos externos. De acordo com Scipio (2011), a concepção de interações musicais promove uma lógica de interdependência entre os componentes do sistema.

Esta interação ocorre quando entidades ou agentes estão ligados por uma relação de feedback contínuo, onde o sistema é capaz de operar de forma autónoma, sem intervenção externa específica. A improvisação musical dentro deste contexto implica uma relação não hierárquica entre o intérprete e o computador, criando uma troca de ações e respostas. De forma semelhante, Rowe (1999) refere que, nessas situações, o músico e a máquina estão envolvidos numa relação estética, onde as ações de ambos influenciam mutuamente o resultado final.

De acordo com Joel Chadabe, esta forma de interação transforma a relação entre intérprete, compositor e instrumento. Segundo Chadabe (1984), a interação implica que o intérprete e o instrumento sejam influenciados mutuamente (Figura 4), de modo que as

fronteiras entre o instrumento, o compositor e o músico desaparecem. O sistema não é mais uma ferramenta passiva, mas sim uma entidade que reage e responde de forma imprevisível, criando oportunidades para que o músico atue, modifique e perturbe o ambiente sonoro. Como resultado, o músico não controla apenas o sistema, mas também se torna parte integrante deste, sendo capaz de extrair informações do sinal de áudio para modificar os parâmetros ou alterar o estado do sistema (Chadabe, 1984).

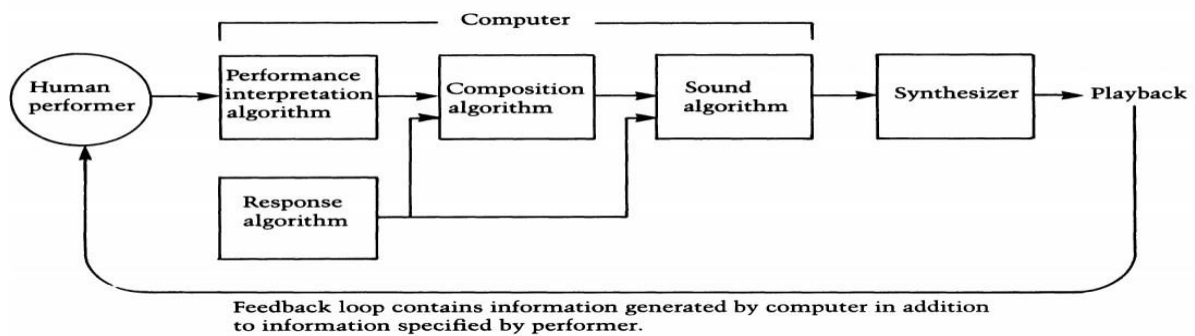


Figura 4 – Sistema de composição interativa (Chadabe, 1938)

Esta lógica de interação colaborativa permite que a composição musical ocorra simultaneamente à performance ao vivo, uma abordagem que é distinta das práticas tradicionais de composição. Michel Waisvisz, com o desenvolvimento dos *Hyper Instruments* (1999), trouxe à prática este conceito, ao propor a extensão das ações e movimentos corporais como parte do processo composicional. Estes instrumentos, dotados de interfaces de controlo interativas e acelerómetros, proporcionam ao músico a capacidade de influenciar diretamente o comportamento sonoro. Esta abordagem reflete uma transição do controlo de instrumentos para o controlo de processos, possibilitando que a prática do estúdio seja trazida para o palco, onde a própria composição é feita na performance ao vivo.

Joel Chadabe foi um dos pioneiros nesta abordagem, explorando o conceito de composição interativa em várias das suas obras. Para Chadabe, a composição interativa é um processo de duas fases:

1. Criação do sistema – onde o compositor define as regras e a lógica do sistema;
2. Interação performativa – onde o compositor, o intérprete e o sistema interagem mutuamente, criando uma obra aberta e imprevisível.

De forma semelhante, Scipio propõe um modelo de interdependência entre o intérprete, o sistema computacional e o ambiente sonoro, onde a interação não é limitada à atuação do intérprete, mas inclui a autorregulação do sistema e a reação ao ambiente. Nesse contexto, a composição não ocorre apenas na criação da partitura, mas também na

construção do sistema de feedback, que modela o comportamento sonoro ao longo do tempo. A interação é, portanto, um elemento essencial, pois cada elemento do sistema (intérprete, ambiente e computador) influencia e é influenciado pelos demais, criando uma lógica de dependência mútua (Scipio, 2003).

Para Robert Rowe (1999), no seu livro *Interactive Music Systems: Machine Listening and Composing*, os sistemas interativos podem ser classificados em três categorias principais:

1. Score-driven vs. Performance-driven – sistemas que seguem uma partitura pré-definida ou que reagem ao desempenho do intérprete;
2. Transformativo, generativo ou sequencial – sistemas que transformam o som, geram material novo ou seguem sequências pré-definidas;
3. Paradigma instrumento vs. paradigma músico – sistemas que funcionam como instrumentos interativos ou como entidades musicais que colaboram com o músico (Figura 5).



Figura 5 – Modelo de Rowe (Drummond, 2009)

Rowe também propõe uma tríade de interação que inclui detecção, processamento e resposta. Estes conceitos foram mais tarde expandidos por Todd Winkler em *Components of an Interactive System* (1998), onde acrescenta três novas fases ao modelo de Rowe:

1. Detecção de entrada humana – momento em que o sistema recebe dados do intérprete através de sensores de hardware;
2. Processamento e interpretação – O sistema computa e processa os dados de entrada;
3. Criação de som – o som é produzido e enviado ao ambiente (Figura 6).

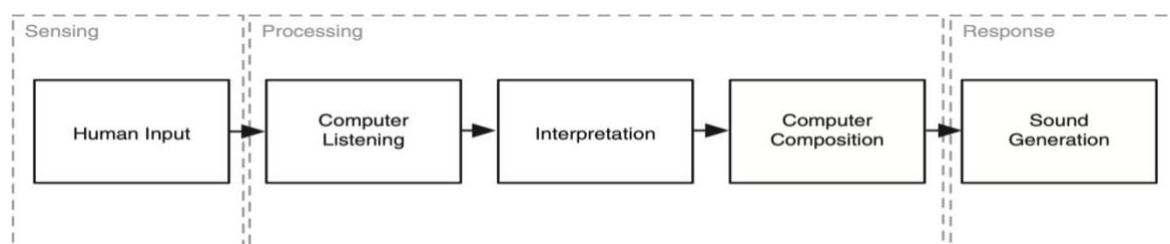


Figura 6 – Modelo Winkler (Drummond, 2009)

Estas fases permitem uma compreensão mais ampla do ciclo de interação entre o músico e o computador. Drummond (2009) argumenta que o modelo de Winkler tem vantagens sobre o de Rowe, pois separa a fase de entrada (captura de sinal) e a fase de interpretação e processamento. No entanto, Drummond salienta que a separação entre a fase de audição do computador e o processamento de sinais pode ser arbitrária, uma vez que ambas as fases são, muitas vezes, simultâneas e interdependentes.

O modelo de Winkler (1998) é particularmente relevante para a compreensão das estratégias de interação musical, pois reflete a lógica subjacente às práticas de música computacional interativa. Este modelo permite a descrição de situações em que o computador responde em tempo real às ações do músico, através de processamento de sons em tempo real ou através do acionamento de sons gravados. Essa lógica é amplamente adotada em performances ao vivo, onde o computador atua como agente criativo que colabora com o músico.

4.4 Performance Algorítmica, dentro e com

A experimentação interativa com microcomputadores desenvolveu-se intensamente a partir da década de 1970, com destaque para instituições como o Mills College, na Califórnia, e a Universidade de Paris VIII - Vincennes. Estas iniciativas possibilitaram o desenvolvimento de novas técnicas de processamento digital, facilitando a criação de «instrumentos inteligentes» (Roads, 1985) para apresentações ao vivo. Estes instrumentos permitiram que os músicos combinassem frases programadas com frases espontâneas, proporcionando uma flexibilidade nas práticas de performance ao vivo.

O conceito de «instrumento inteligente» diz respeito a dispositivos que possuem a capacidade de «ouvir» e «ver» o contexto musical e reagir a ele. Tais sistemas introduzem um novo debate sobre o problema composicional de conciliar a estrutura musical pré-definida com a estrutura improvisada, levantando questões sobre o papel do intérprete, do compositor e do próprio sistema computacional. No contexto da improvisação, a capacidade de ouvir é

fundamental, e os programas de computador podem explorar esta capacidade através do uso de microfones, que captam o som do espaço e de outros instrumentos conectados ao computador.

Neste cenário, os algoritmos podem ser utilizados de várias formas, pois um algoritmo pode ser um processo descrito formalmente para guiar as interações entre os músicos e o sistema computacional. Dahlstedt (2018) propõe uma abordagem que categoriza a performance ao vivo num contexto algorítmico com três dimensões de interação:

1. Performar sobre o algoritmo (*performing on*), onde o músico controla os parâmetros do algoritmo.
2. Performar com o algoritmo (*performing with*), onde o músico e o algoritmo partilham o controlo da criação musical.
3. Performar no algoritmo (*performing in*), quando o músico é parte do sistema algorítmico.

Estes três modos de interação são mutáveis e podem alternar de um para o outro, dependendo do nível de envolvimento e da natureza da interação entre o músico e o algoritmo. No caso do *Hyperinstrument*, o músico age sobre o algoritmo, e controla os parâmetros. No entanto, se o algoritmo incluir processos automáticos que são semelhantes a decisões de outros músicos, estes e o algoritmo passam a interagir numa lógica de ação recíproca (Dahlstedt, 2018).

De acordo com Dahlstedt (2018), o controlo de algoritmos complexos exige o desenvolvimento de um modelo mental por parte do músico. Este modelo mental refere-se à capacidade do músico de entender a lógica interna do sistema, prevendo as respostas e padrões de comportamento. Para controlar o sistema, o músico precisa de reconhecer padrões de interação que permitam antecipar os resultados sonoros.

Neste contexto, o músico deixa de ser apenas um agente de controlo, e passa a fazer parte do sistema algorítmico. Se o algoritmo for suficientemente interativo e responsivo, o músico não controla apenas o sistema, mas também atua no sistema e modifica as suas condições. A execução de um algoritmo em tempo real é, portanto, caracterizada por uma lógica de interação recíproca, onde o músico e o algoritmo criam situações de influência mútua.

Uma obra que exemplifica esta lógica de interação algorítmica é *Dynamic Triads* (2008), de Paul Dahlstedt. Nesta obra, três músicos são dispostos num triângulo (Figura 7), onde cada músico interage de forma interdependente com os outros dois. O sistema de interação é caracterizado por três etapas:

1. Quando o músico A reproduz um som, ele é:
 - Reproduzido na sala.
 - Gravado num «buffer» circular.
 - Reenviado para o músico B.
2. O som de A é então misturado com o som de B, criando uma fusão de sons que é transformada e regravada direcionando o som para C.
3. Esta interação cria uma cadeia contínua de trocas de som entre os músicos, onde os sons gravados de um músico são utilizados por outro, criando uma lógica de interação em rede de A-B-C-A.

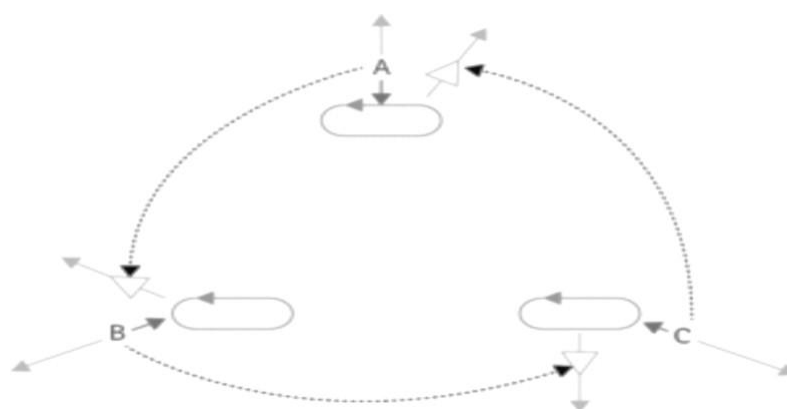


Figura 7 – Conexões de *Dynamic Triads* (2008) de Palle Dahlsted

Neste sistema, não há material sonoro inicial ou uma linha temporal pré-definida. O sistema é, em essência, uma rede de interdependências algorítmicas. Cada músico torna-se parte do algoritmo, e o sistema só é ativado quando os músicos atuam e interagem. Se o músico não tocar, nada acontece. Se houver uma má interpretação ou erro, este pode dar origem a novas possibilidades sonoras, sublinhando a importância do erro na interação algorítmica. Como explica Dahlstedt (2018, p. 72): "You enter the algorithm, and you have to survive there by learning new interaction patterns".

Assim, os músicos não atuam apenas sobre o sistema, mas são também parte deste quando interagem em redes de processamento dando origem a situações de interdependência. O erro, nesta lógica, é um aspeto fundamental do processo criativo. Tal característica transforma o papel do intérprete, que não é limitado a reproduzir uma partitura ou executar instruções pré-definidas, mas participa de forma ativa na transformação e construção do som.

Assim a performance algorítmica desafia as noções tradicionais do controlo do som, improvisação e autoridade composicional. Através de instrumentos digitais e sistemas

algorítmicos, o músico passa a controlar, interagir e integrar-se no próprio sistema, com múltiplos papéis. No caso de *Dynamic Triads* (2008), de Paul Dahlstedt, os músicos não só tocam o instrumento, mas também participam na transformação contínua dos sons. Além disso, o conceito de modelo mental é central para a interação algorítmica, pois permite ao músico interpretar a lógica do sistema e, com isso, antecipar as suas respostas.

Este modelo de interação em rede oferece uma visão contemporânea da música generativa e da improvisação assistida por algoritmos, onde o músico não está mais no controlo total do processo, mas atua como um agente colaborativo. Neste sentido, a performance algorítmica não é mais apenas uma execução, mas uma exploração de possibilidades interativas.

No contexto da criação do instrumento estes pontos são concretizados através do tipo de ligações e associações de módulos e ações. Podemos obter formas circulares de operação onde as variações mínimas num parâmetro influenciam de uma forma mais ampla o seu resultado. Não é um feedback em termos de sinal como Di Scipio, mas é uma recursão de informação constante.

Esta forma circular é feita através de entradas e saídas do programa Ableton Live onde usamos logicas de Sends e Returns de cada canal de uns para os outros. Desta forma um módulo de produção de som como o CorpusPlay – Send A, cria som ao mesmo tempo que essa criação é influenciada pela sua própria análise com o CorpusDescriptors - Return A.

Este processo pode ser feito também na lógica da obra *Dynamic Triads* (2008), de Paul Dahlstedt, através do uso do CorpusRec – Return B. Podemos usar este módulo como uma forma de gravar em tempo real qualquer sinal que seja enviado para o Return B e usar este depois como uma acumulação sonora e enviar a mesma para ser influenciada para o Return A – CorpusDescriptors.

Assim conseguimos não só uma circularidade interna nos módulos Max4live através de Sends e Returns, mas também podemos enviar sinais para ativar de forma externa o sintetizador modular e enviar a sua saída de volta para o Ableton Live. Assim completamos o ciclo que é influenciado através das suas análises numa estrutura flexível para improvisarmos numa forma generativa.

5. Interpretação Aberta

5.1 Obra Aberta

A discussão sobre a obra aberta no contexto dos instrumentos interativos levanta uma série de questões relacionadas tanto com a performance quanto com a composição musical. No domínio da música algorítmica, surgem problemáticas estéticas associadas à

forma de se fazer música com tais instrumentos e à forma de apresentá-la ao vivo. A espontaneidade e a automação são dois aspetos centrais neste debate, especialmente no que diz respeito à possibilidade de dar início a uma sequência musical. No entanto, o modo como a sequência é desenvolvida não revela, por si só, o processo subjacente de criação. Segundo Collins (2003, apud Puckette, 1991), aquilo que realmente importa não é o modo de produção da música, mas o que se ouve e é apreendido através da experiência auditiva.

De acordo com Miller Puckette, a criação do som no contexto de sistemas algorítmicos pode ter duas abordagens principais. Por um lado, o compositor pode aceitar os resultados criados de forma automática pelo algoritmo, mas, por outro, pode envolver-se num ciclo contínuo de ajustes e reprogramação do algoritmo até que o resultado seja considerado aceitável. Esta última abordagem contraria a lógica da espontaneidade, uma vez que o foco recai no controlo e na previsibilidade do resultado.

A diferença entre a música feita por instrumentos independentes e a criação através de meios interativos nem sempre é perceptível na superfície da música. Para compreender a lógica por trás da obra, é necessário conhecer o processo de criação que deu origem à música. Os instrumentos interativos, mesmo com o menor grau de interação, podem ser configurados para apresentar um comportamento autónomo e complexo, e revelam a sua imprevisibilidade em determinadas situações. Neste contexto, a improvisação livre surge como uma forma de interagir com o sistema em limites predefinidos, abordando a ideia de uma forma aberta. Nesta abordagem, certos aspetos da obra podem ser definidos, enquanto outros são deixados ao acaso, à escolha do intérprete ou de uma máquina.

Uma das implicações do uso do conceito da obra aberta é a impossibilidade de produzir uma versão definitiva da obra. Assim, a obra torna-se flexível, seja na ordem das secções, na natureza do material ou na improvisação dos intérpretes. A performance não segue uma forma única, mas assume várias configurações. Este conceito encontra eco na prática da música generativa, sendo baseada na criação automática de novas versões de uma música ou na construção de algoritmos que produzem variações sonoras constantes. Tal abordagem permite criar interações que não são previsíveis, o que amplia o potencial criativo e exploratório da música.

O conceito de obra aberta foi amplamente explorado por compositores desde a década de 1950, com diferentes níveis de abertura. Em algumas obras, a música é composta por secções fixas, que podem ser tocadas numa ordem aleatória. Ou em outras situações, o músico pode escolher a sequência das notas numa frase musical. Este tipo de composição permite que cada performance seja única, uma vez que as decisões interpretativas assumem um papel fundamental. Assim, a identidade fixa da obra é questionada, uma vez que a cada execução, a obra assume uma nova forma.

O conceito de obra aberta abordada pelo filósofo Umberto Eco, que, no seu livro *The Open Work* (1989), propõe a ideia de que a obra de arte é, em si, uma forma aberta à interpretação. Eco apresenta exemplos de artes visuais, poesia e música, mostrando que algumas obras, mesmo possuindo uma forma fixa, estão abertas a interpretações múltiplas. Segundo Eco (1989), esta autonomia de interpretação permite que o músico participe ativamente no processo criativo, decidindo a forma, a duração e os sons que farão parte da performance musical. Este ato de criação coloca o músico como coautor da obra, uma vez que as suas decisões afetam diretamente o resultado final.

A lógica da obra aberta difere significativamente da música tradicional. Neste contexto, cada execução é uma nova interpretação. Isso implica que a música é vista como um produto inacabado, no qual cada execução é uma nova versão da obra. Eco (1989) argumenta que a obra de arte é também uma interpretação de si mesma, pois cada receção do ouvinte ou do performer traz uma nova perspectiva e um novo significado.

Contudo, é importante diferenciar forma aberta de abertura à interpretação. Na forma aberta, a estrutura da obra permite variações de acordo com as decisões do intérprete, ou seja, o músico tem a liberdade de modificar a ordem, a duração e a execução dos sons. Já a abertura à interpretação refere-se à capacidade de o ouvinte dar significados diferentes à obra, sem que a sua estrutura formal seja alterada. Ambas as ideias estão presentes na prática da música generativa, na qual os conceitos de aleatoriedade e imprevisibilidade desempenham um papel importante.

No campo da música generativa e aleatória, dois compositores se destacam: John Cage e Brian Eno. John Cage introduziu o conceito de aleatoriedade nas suas obras, permitindo que a música fosse influenciada por fatores externos, como o ambiente sonoro ou as decisões aleatórias dos intérpretes. A obra *4'33"* é um exemplo clássico dessa lógica, pois a ausência de som performativo revela os sons do ambiente como parte integrante da obra. Por outro lado, Brian Eno popularizou o conceito de música generativa, onde os algoritmos são projetados para produzir música de forma constante e imprevisível. Este método é amplamente utilizado em aplicações de música generativa e sistemas de música interativa, permitindo a criação de músicas que nunca são repetidas da mesma forma.

5.2 Cage e a Aleatoriedade

Para muitos músicos, a obra do compositor norte-americano John Cage é frequentemente associada à liberdade de execução. Esta liberdade é proporcionada através de um conjunto de instruções abertas, em que o resultado final é definido pelas escolhas feitas pelo intérprete a partir dos elementos propostos na música. Nesse sentido, o computador atua

como uma ferramenta de suporte ao músico ou compositor, permitindo maior flexibilidade no momento da performance.

Uma das características mais notórias da abordagem de Cage é o uso de processos aleatórios na composição. Este método permite um distanciamento das preferências e gostos pessoais, possibilitando que os sons existam por si mesmos, sem significados ou conotações culturais ou históricas. Nas palavras de Cage: “let sounds be themselves” (Cage, 1961, p. 14). O objetivo é libertar a música dos constrangimentos do pensamento humano, criando condições para a emergência de uma sonoridade independente. Esta abordagem de Cage aproxima-se de uma perspectiva algorítmica, uma vez que os algoritmos podem ser projetados para eliminar as intenções subjetivas, permitindo que os sons sejam desenvolvidos de forma independente (Essl, 2011).

O conceito de aleatoriedade de Cage é amplamente influenciado pelo *I Ching*, o Livro das Mutações, um antigo texto chinês que serve como ferramenta de adivinhação. O sistema de consulta do *I Ching* envolve o lançamento de moedas ou varetas para determinar combinações que guiam as decisões. No caso de Cage, este método foi adaptado para o contexto da composição musical, através da criação de operações aleatórias guiadas por gráficos e listas de material sonoro. Estas operações funcionam como algoritmos, projetados para superar as práticas tradicionais de composição e abrir espaço para a criação de resultados imprevisíveis.

Durante a década de 1950, Cage desenvolveu várias partituras gráficas, que serviam como alternativa às partituras tradicionais. Exemplos notáveis incluem *Fontana Mix* (1958) e a série *Variations*, onde a notação gráfica não especifica os sons diretamente, mas indica ações ou gestos que o intérprete deve realizar. Este tipo de partitura não está focado nos sons finais, mas sim nas ações que produzem o som. Este conceito é também conhecido como «action-based composition», ou seja, uma composição orientada por ações, e não pelos sons resultantes (Pritchett, 2001).

A lógica de Cage foi aplicada na prática do *Live Electronics*, especialmente em colaboração com o pianista David Tudor. Este método revolucionou a forma como o som era manipulado ao vivo. Em vez de ser a reprodução fiel de uma partitura, a ênfase recaiu sobre as ações do intérprete e a forma como estas ações ativam o sistema. As ações são orientadas para redes de componentes eletrônicos que produzem uma resposta imprevisível e não linear (Pritchett, 2001).

A obra *Variations II* (1961) é um exemplo marcante do uso de aleatoriedade e abertura interpretativa. Esta composição eletroacústica foi realizada em colaboração com David Tudor, que utilizou um piano aumentado eletronicamente. As partituras desta obra apresentam gráficos e listas de ações denominadas *nomographs*, que indicam de forma

abreviada o material sonoro e as ações a serem executadas. No entanto, as diretrizes de execução são ambíguas, o que faz com que cada interpretação seja única e irrepetível.

A performance de Tudor não é limitada a seguir as instruções de Cage, mas incorpora a exploração dos limites do instrumento. O piano ampliado eletronicamente é, neste contexto, um instrumento imprevisível e não linear, onde a lógica do som é o resultado do uso de redes de componentes eletrônicos que reagem às ações de Tudor. Como resultado, a performance não é baseada na execução de uma sequência de sons previamente estabelecida, mas sim na exploração sonora das possibilidades do instrumento. O intérprete não está a executar uma partitura fixa, mas sim a interagir com um sistema dinâmico que responde aos seus gestos e ações (Pritchett, 2001).

As práticas de aleatoriedade e abertura que caracterizaram as obras de Cage durante o período analógico foram posteriormente transpostas para o contexto digital. Um exemplo dessa transição é o uso de software para automatizar o processo de consulta do *I Ching*, permitindo que o computador substituísse o trabalho manual de lançar moedas ou varetas.

Durante a década de 1960, Cage colaborou com Lejaren Hiller, que programou uma versão digital do *I Ching*. Esta colaboração permitiu a aceleração dos processos aleatórios, possibilitando a criação de sequências de eventos musicais de forma mais eficiente. Mais tarde, Cage colaborou também com Andrew Culver, que escreveu uma série de programas IC para a composição da obra *Music for* (1984–87). Esta obra consiste em várias partes instrumentais individuais, todas elas criadas por um algoritmo computacional. Cada parte foi composta a partir de um processo de aleatoriedade, mas a responsabilidade criativa final foi transferida para o algoritmo.

Esta mudança de paradigma reflete a filosofia de Cage sobre a função do compositor. Com o advento do computador, o compositor passa de criador de notas e partituras para criador de sistemas e regras. Neste novo modelo, o papel do compositor é projetar algoritmos e estruturas que permitam a autonomia do som, sendo o computador uma ferramenta criativa no processo composicional (Essl, 2011).

5.3 Música Generativa

A música generativa caracteriza-se pelo uso de algoritmos para a criação de musical que dão origem a novas composições a cada execução. Este conceito permite a produção de composições de longa duração através de formas simples, que podem ser associadas ao ato de programar um processo de composição musical. De acordo com Brian Eno, a música generativa não só possibilita a diversidade de interpretações, mas também promove uma

forma económica de produção musical, ou seja, pequenas alterações no sistema resultam numa grande riqueza musical (Collins, 2008).

A abordagem de Eno está ligada ao pensamento dos compositores minimalistas, como Steve Reich com a sua obra *It's Gonna Rain* (1965), que utiliza pedaços de gravações em tape que são alternadas gradualmente, formando padrões sonoros em constante mudança. Este método é conhecido como *phasing*, onde a ligeira diferença de velocidade dos loops de fita cria uma divergência rítmica, o que revela de forma progressiva novas relações sonoras a partir da sua repetição.

Na obra *Music for Airports* (1978), Brian Eno aplica os princípios do looping de forma mais refinada. Aqui, os *loops* não têm uma duração fixa, mas são eliminados gradualmente, e produzem padrões sonoros que podem continuar indefinidamente sem serem repetidos. O carácter generativo desta composição está na forma como os programas criam variações a cada nova execução, de modo que, mesmo que o ponto de partida seja o mesmo, o resultado final será sempre único.

Este método distingue-se da música completamente composta, pois não é possível prever todos os detalhes sonoros de uma execução específica. Também difere da improvisação, uma vez que a lógica por trás da música generativa é determinada pelo algoritmo subjacente, e não pelas decisões espontâneas de um intérprete (Essl, 2011). Contudo, existem pontos de interseção entre o conceito de obra aberta e a música generativa, visto que ambos envolvem a criação de condições para uma variedade de resultados possíveis.

Uma das questões que emergem neste contexto é a seguinte: o conceito de generativo pode ser aplicado a instrumentos interativos? Esta questão é particularmente relevante, pois a interação humana com o sistema pode produzir novas possibilidades de produção sonora. Um instrumento interativo pode funcionar como uma instalação sonora de longa duração ou como um dispositivo que produz eventos sonoros curtos e pontuais.

Por outro lado, a lógica da aleatoriedade presente na música generativa permite que sejam criadas obras fixas. No entanto, a questão que se coloca é: qual a necessidade de gravar uma única versão da obra se esta pode ser criada novamente e de forma semelhante? A lógica subjacente à música generativa evita a necessidade de obter uma versão definitiva, já que o sistema pode recriar variações infinitas a partir de um conjunto de condições iniciais (*seed*). Este conceito de *seed* define o ponto de partida para o sistema generativo, onde uma pequena alteração inicial pode levar a uma variedade de resultados (Collins, 2008).

Este conceito pode ser comparado ao trabalho de Tristan Murail e Brian Eno, ambos defendem que o papel do compositor é semelhante ao do de um jardineiro, que planta uma

semente musical e observa o seu crescimento. Segundo Solomos (2020), a música, neste contexto, é um processo natural que evolui com base nas condições iniciais.

Nick Collins (2008) propõe três razões essenciais para adotar a abordagem generativa na composição musical:

1. Economia de espaço-tempo: Não há necessidade de armazenar uma composição longa, pois a obra pode ser infinita. Este conceito é especialmente útil para instalações sonoras de longa duração, onde o sistema pode funcionar durante semanas ou meses, produzindo variações constantes sem que o espaço de armazenamento seja um problema.
2. Evolução oculta: O sistema desenvolve-se ao longo do tempo de forma não visível, ou seja, a música muda e evolui à medida que é ouvida. Esta lógica cria um senso de descoberta constante por parte do ouvinte.
3. Interação e adaptação ao contexto: O sistema generativo pode ser projetado para responder ao ambiente, ao público ou a eventos externos, como temperatura, luz ou movimento, permitindo uma adaptação constante às circunstâncias. Este conceito está presente em performances interativas ao vivo, nas quais o público pode influenciar a composição em tempo real.

Estas características mostram que a música generativa é particularmente adequada para performances ao vivo, pois permite que cada apresentação seja única e irrepetível. Nesse contexto, o envolvimento indireto do público com o sistema generativo é um elemento relevante, pois o ouvinte pode perceber as mudanças subtis no material sonoro, ainda que não compreenda o processo interno.

Embora a abordagem generativa tenha vantagens, ela também apresenta desafios significativos. Collins (2008) salienta que é muito mais difícil compor música generativa do que escrever uma obra fixa. Isso ocorre porque, no caso da música generativa, cada execução do sistema pode produzir um resultado diferente, e o compositor precisa de garantir que todas as variações sejam musicais. Essa lógica contrasta com a composição tradicional, onde o compositor escreve uma única versão que será executada sempre da mesma forma em todas as performances.

Além disso, sistemas generativos mais complexos podem apresentar comportamentos imprevisíveis. No entanto, se o sistema for determinístico, o comportamento será sempre previsível e repetível, desde que as condições iniciais sejam as mesmas. Este contraste é visível no paradigma de *phasing* de *loops* de fita de Steve Reich, onde o resultado

sonoro é previsível, mas a forma como as camadas sonoras são sobrepostas de forma gradual cria uma sensação de surpresa e descoberta.

No caso de sistemas não lineares, a dificuldade de previsão torna o processo mais desafiador. O compositor não consegue prever como o sistema irá reagir a cada variação, o que pode exigir testes contínuos e ajustes de parâmetros. Assim, em vez de se compor uma única versão definitiva, o compositor trabalha com um sistema que é potencialmente infinito.

No caso prático do instrumento podemos criar estruturas generativas através do programa Ableton Live. Este programa permite o uso de um tipo de sequenciação tanto de sons como de funções que estão alocadas no Session View. Neste modo vertical podemos navegar em sons feitos em cada canal onde a sua forma de acionamento pode ser sequenciada de formas aleatórias. Para tal temos de clicar num clip de som ou seleccionar vários e aceder a uma função intitulada Follow Action (Figura 8). Esta opção permite criar uma forma de sequenciação probabilística de todos os sons no canal escolhido.



Figura 8 – Follow Action Ableton Live

Podemos ir de uma lógica linear do primeiro para o último clip ou totalmente aleatória cada vez que cada clip é iniciado. Desta forma é possível criar formas abertas e generativas no mesmo contexto instrumental e composicional onde todos estes sons podem ser potenciais núcleos criativos que podem orientar a improvisação neste sistema. Criando assim uma forma de agir e reagir ao mesmo tempo que criamos uma estrutura.

6. Processos

6.1 Música como processo

Um dos princípios composicionais mais explorados na concepção de instrumentos musicais interativos é a ideia de música como processo. Dado que a música é uma arte temporal, o conceito de processo refere-se à existência de etapas dinâmicas e temporais que

determinam o seu desenvolvimento. Este conceito implica que é necessário identificar as fases que definem a evolução de uma música, especificar se estas fases podem ser automatizadas e definir os materiais utilizados e a forma como estes são representados.

A composição algorítmica encaixa-se perfeitamente nesta lógica, uma vez que os algoritmos representam instruções definidas e o computador é a ferramenta ideal para explorar múltiplos aspetos em várias fases do processo criativo. Com a sua capacidade de análise e processamento de dados ao longo do tempo, o computador permite que cada fase do processo seja não só automatizada, mas também ajustada em tempo real. Esta abordagem permite o surgimento de novas metodologias de design composicional e instrumental, abrindo caminho para a criação de novos instrumentos musicais e sistemas computacionais.

Para Scipio, este tipo de modelo composicional reflete uma visão holística do processo de criação. Segundo o autor, a composição não se limita à produção de um produto sonoro final, mas envolve um processo contínuo de ação e transformação. Este processo relaciona os elementos formais e materiais, numa interação que é desenvolvida ao longo do tempo. Assim, o processo de criação é, em si, parte da obra, e o som resultante é a expressão final de um sistema dinâmico que inclui as interações e as decisões tomadas durante o processo composicional.

De forma semelhante, o filósofo Nicholas Rescher define o conceito de processo como uma sucessão estruturada de estados, unidos por um complexo de conceitos e ações (Rescher, 1996). Estes estados estão ligados de forma coerente e temporal, seguindo uma ordem lógica, ainda que possam surgir a partir de uma multiplicidade de possibilidades. Cada fase do processo tem uma função específica no desenvolvimento do todo, o que se traduz na capacidade de o processo produzir estruturas sonoras organizadas a partir de elementos dispersos.

Esta lógica é aplicada na prática por compositores minimalistas, como Steve Reich, cujas composições são baseadas em processos. Um exemplo desta abordagem consiste na utilização de dois *loops* de fita magnética tocados em sincronia em dois gravadores. Devido a ligeiras diferenças de velocidade entre os gravadores, ocorre um desfasamento gradual entre os *loops*, o que cria padrões rítmicos imprevistos. Esta técnica é explorada em obras como *It's Gonna Rain* (1965) e *Come Out* (1966), onde o desfasamento revela padrões emergentes a partir de material sonoro.

O conceito de processo na música também é evidente no trabalho de John Cage, mas com uma abordagem distinta. Ao contrário de Reich, que rejeita a improvisação e preza a organização controlada, Cage foca-se em processos indeterminados. Na sua obra, o intérprete desempenha o papel de agente ativo no processo, enquanto o sistema, por sua vez, permite que elementos aleatórios e incontroláveis influenciem o resultado. O conceito de

ação baseada em processos é visível nas suas partituras gráficas, que fornecem diretrizes de ações (e não de sons), possibilitando a exploração de variações infinitas na performance.

Uma distinção fundamental no processo composicional é a diferença entre a transformação e a indeterminação. Nos processos transformativos, a relação entre o processo e o resultado final não é audível, ou seja, o ouvinte não consegue perceber o processo que levou à produção da música. Um exemplo disso é a prática de Reich, onde o público ouve o resultado sonoro, mas não o desfaseamento progressivo que ocorre no plano técnico (Schwarz, 1981, apud Reich, 1968).

No entanto, no caso dos processos indeterminados, o público consegue perceber a lógica de transformação. Por exemplo, com John Cage, o intérprete participa ativamente no processo, sendo responsável por tomar decisões que influenciam diretamente o som produzido. Aqui, os elementos da estrutura musical são indeterminados, o que é traduzido na produção de resultados inesperados e irrepetíveis. Esta abordagem reflete uma visão do som como objeto dinâmico e não estático, onde o som é transformado ao longo do tempo.

A ideia de que o processo composicional pode ser uma etapa criativa é central na abordagem de Scipio, que propõe a criação de instrumentos interativos baseados em processos. Estes instrumentos utilizam redes de retroalimentação (feedback) e processamento sonoro em tempo real, o que permite a criação de sistemas adaptativos. Estes sistemas operam de forma semelhante ao modelo de autorregulação cibernética, onde as ações e reações do sistema evoluem de forma não previsível, mas coerente.

No contexto da música espectral, o conceito de processo composicional assume uma forma mais integrada. Compositores como Tristan Murail e Gérard Grisey exploram a ideia de que forma e material não são elementos separados, mas sim partes de uma entidade unificada. Nesta lógica, o processo de composição não é limitado à disposição de elementos musicais, mas sim à fusão total entre material e forma.

Segundo Makis Solomos, esta prática representa uma «liquefação da forma», ou seja, uma forma que se dissolve e que é transformada ao longo do tempo (Solomos, 2020). No contexto da música espectral, o processo é interpretado como uma transformação contínua do som. Esta transformação pode ocorrer através de técnicas de síntese sonora, transformação espectral e análise-resíntese, onde o som é decomposto nos seus componentes espectrais para posteriormente ser reorganizado em novos padrões.

Trevor Wishart (1996) destaca que, neste modelo, o som é tratado como um modelo narrativo. O som não é visto como um ponto de partida estático, mas como um corpo dinâmico, que evolui e é transformado com a conexão direta do processo composicional. Assim, a composição musical deixa de ser um processo de escrita de notas numa partitura e passa a ser a construção de um sistema composicional que permite a emergência de formas.

6.2 Estratégias e Processos

As estratégias processuais no contexto composicional são fundamentais para a transformação progressiva do som. Estas transformações podem ser observadas no trabalho de Iannis Xenakis, que explora a passagem de um estado de matéria sonora para outro, onde as características de um elemento são fundidas gradualmente com as do seguinte. No seu livro *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition* (1971), Xenakis aborda o conceito de transformação contínua e descontínua, a passagem da ordem para a desordem com o uso de probabilidades.

Neste contexto, Xenakis (1971) questiona: “What is the minimum of logical constraints necessary for the construction of a musical process?” (p. 54). A partir desta reflexão, ele desenvolve uma metodologia formal para a construção de processos musicais, na qual apresenta uma sequência de oito fases que constituem o encadeamento do processo composicional. Cada fase do processo está interligada de forma lógica, mas Xenakis admite que a ordem pode ser alterada, uma vez que o método pode seguir uma lógica não linear. As oito fases do processo composicional de Xenakis são:

1. Concepções iniciais:
 - a. Intuições e ideias provisórias ou definitivas.
 - b. Nesta fase surgem as ideias iniciais do compositor, que podem ser baseadas em inspirações pessoais, contextos culturais ou intuições. As ideias servem como ponto de partida para o desenvolvimento do processo.
2. Definição das entidades sonoras:
 - a. Identificação do tipo de sons que serão utilizados, como sons acústicos, eletrónicos, ruídos ordenados, texturas dispersas ou contínuas.
 - b. Esta fase define o tipo de material sonoro que será manipulado ao longo do processo. Aqui, o compositor escolhe os timbres e as texturas que constituirão a matéria-prima do som.
3. Definição das transformações:
 - a. Determinação das transformações a aplicar aos sons ao longo da composição.
 - b. Estas transformações podem ocorrer no nível macro, ou seja, na organização geral dos elementos sonoros, ou a nível micro, que envolve a manipulação de relações estocásticas.

- c. As transformações incluem operações matemáticas para estabelecer relações entre os sons e definir as disposições temporais das operações, que podem ocorrer de forma simultânea ou em sucessão.
- 4. Microcomposição:
 - a. Escolha detalhada das relações estocásticas identificadas no ponto anterior.
 - b. Neste ponto, o compositor define a álgebra do tempo e fora do tempo, ou seja, a relação entre os eventos sonoros de forma temporal e intemporal. Esta fase permite a definição de estruturas mais precisas no interior da obra, dando forma aos padrões rítmicos, dinâmicos e de altura.
- 5. Programação sequencial:
 - a. Esquema da obra como um todo.
 - b. Nesta fase, as operações definidas nos pontos 3 e 4 são organizadas num plano sequencial, de forma a criar um esqueleto ou estrutura global da obra. Esta programação sequencial estabelece a disposição final das secções da obra, a ordem que ocorrem as transformações e as relações de simultaneidade e sucessão.
- 6. Implementação e cálculo:
 - a. Verificação de cálculos, ajustes e feedbacks para a correção de erros.
 - b. Aqui, o compositor realiza cálculos e verificações para garantir que a lógica estrutural da composição esteja coerente e exequível. Caso sejam identificados erros ou inconsistências, os cálculos são ajustados e o processo é repetido. Esta fase inclui a validação do programa sequencial e os ajustes finais.
- 7. Resultado simbólico final:
 - a. O produto final da composição é traduzido para uma representação simbólica.
 - b. Esta fase pode incluir a notação musical tradicional, expressões numéricas, gráficos ou solfejo, dependendo do objetivo do compositor. Para Xenakis, o resultado pode ser formalizado através de notação gráfica, que permite ao intérprete visualizar as relações de transformação que ocorrem na obra.
- 8. Realização sonora:
 - a. Execução final da obra, que pode ocorrer de diferentes formas:

- i. Performance orquestral – Quando a obra é interpretada por músicos;
 - ii. Manipulação eletromagnética – Utilização de técnicas de música eletroacústica;
 - iii. Construção computacional – Criação de sons e transformações por meio de sistemas informáticos.
- b. Esta fase corresponde à concretização final do som, onde a ideia original é finalmente materializada. Aqui, o processo torna-se audível, e a música passa do plano conceitual para o plano sensorial.

O método de Xenakis segue uma estrutura sequencial e linear, mas o compositor admite que a ordem das fases pode ser flexibilizada, com interdependências entre as etapas (Xenakis, 1971). No entanto, ao analisar o encadeamento de fases, verifica-se que a sucessão temporal é fortemente dependente das fases anteriores. Isto porque cada decisão tomada numa fase influencia as fases subseqüentes, impedindo a reversão ou alteração de ações anteriores.

O modelo de Xenakis também é destaca-se por combinar o racional e o intuitivo. Embora o processo seja descrito de forma matemática e lógica, a fase inicial de «intuição» e «inspiração» confere à obra um caráter criativo e humano. É essa combinação de lógica e intuição que permite a criação de obras complexas, que desafiam as fronteiras entre a composição matemática e a criatividade artística.

Embora o modelo de Xenakis seja predominantemente linear, a sua aplicação pode ser mais flexível quando é dirigido á improvisação não idiomática. Nesta prática, as decisões do intérprete não seguem uma ordem predefinida, mas são influenciadas pelo contexto e pelas ações dos outros participantes. O conceito de improvisação não idiomática refere-se a uma forma de improvisação que não está ligada a géneros musicais específicos, mas sim a uma exploração livre do som e da sua relação com o espaço e o tempo.

Este tipo de improvisação permite maior flexibilidade nas etapas do processo, especialmente nas fases de definição de entidades sonoras, transformações e microcomposição. Em vez de seguir um plano predefinido, o intérprete pode alterar a ordem das fases e realizar ajustes em tempo real, o que permite uma abordagem mais fluida e adaptável. Este conceito é especialmente relevante para performances ao vivo, onde as decisões são feitas de forma instantânea e com base nas reações do público e dos outros intérpretes.

6.3 Redes e Ações

As redes e ações no processo composicional exploram a possibilidade de reordenação não linear das fases de criação musical. Este modelo permite que as etapas do processo sejam reorganizadas de forma dinâmica, influenciando diretamente a interação do compositor com o material sonoro. Segundo Solomos (2006): “In Vaggionian terminology, a nonlinearity exists between time levels, an irreducibility from one to another” (p. 12).

Este conceito de não linearidade temporal implica que cada fase do processo pode operar de forma autônoma, sem uma relação de subordinação rígida entre uma etapa e outra. No campo da composição algorítmica, o compositor Vaggione destaca a importância da interação entre o compositor e o material sonoro, propondo a prática de uma pluralidade de operações diversas, em vez de ser limitado a um único algoritmo (Solomos, 2005). Para Vaggione, o processo de composição não se resume a uma sequência fixa de ações, mas é, na verdade, um conjunto de ações diretas que permite ao compositor intervir nas várias fases do processo.

Horacio Vaggione propõe uma abordagem de composição baseada na interação entre o algorítmico e as ações diretas do compositor. Esta interação está relacionada com a sua concepção de formalizações, que são entendidas como operações formais e precisas que são desenvolvidas em múltiplas escalas temporais de forma simultânea. Esta lógica exige um trabalho rigoroso de montagem sonora e a prática do que Vaggione denomina trabalho manual (Vaggione 2002), o que contrasta com a intuição espontânea geralmente associada à prática musical.

A lógica de redes proposta por Vaggione oferece uma solução flexível para os problemas relacionados com a ordem sequencial das fases do processo composicional. Em vez de seguir uma sequência linear de passos, o compositor pode recorrer a uma rede de conexões entre as várias etapas do processo, permitindo a interação simultânea entre diferentes partes da composição.

Esta abordagem oferece uma solução para os problemas de hierarquização dos processos. Como as fases não estão subordinadas a uma ordem fixa, o compositor pode navegar de forma dinâmica entre as diferentes fases. Cada operação pode ser repetida várias vezes, de forma diferente. Esta lógica cria uma hierarquia de escolhas que podem ser posteriormente exploradas em múltiplas escalas de tempo e reorganizadas a qualquer momento.

Ao trabalhar com uma rede, o compositor não segue uma lógica de «causa e efeito», mas opera num sistema onde as decisões feitas numa parte do sistema podem ter consequências em todo o conjunto. Isto permite que o compositor trate cada elemento sonoro

como parte de uma entidade mais ampla, onde as ações locais podem influenciar a estrutura global.

A lógica de redes interativas contrasta com a abordagem dos métodos generativos tradicionais. Nos métodos generativos, o algoritmo é responsável pela produção do material, e o compositor tem pouco ou nenhum controlo direto sobre o resultado. Se o compositor não estiver satisfeito com o resultado, a única forma de reagir é interferir no output final.

No entanto, no modelo de redes interativas, o compositor tem o controlo direto do processo. O material sonoro pode ser alterado em tempo real, e a lógica de emergência de situações irreduzíveis permite que novas configurações sejam criadas de forma espontânea e não prevista. Estas novas situações não podem ser reduzidas a uma lógica de «ação e reação», pois são o produto de interações não lineares que se desenvolvem a partir das relações entre as várias fases do processo.

Através do conceito de redes, Vaggione abre caminho para a criação de estruturas dinâmicas e mutáveis, que podem ser reorganizadas de forma não linear. O sistema de composição deixa de ser hierárquico e passa a ser adaptativo e dinâmico, onde as decisões tomadas a qualquer momento influenciam o todo.

A lógica de redes interativas proposta por Vaggione pode ser aplicada a modelos composicionais baseados em software interativo, instrumentos aumentados e sistemas computacionais de feedback. Um exemplo prático desta abordagem pode ser visto na prática de composição com sintetizadores e estruturas de programação modulares, onde o compositor utiliza módulos sonoros independentes que podem ser combinados de diversas formas para criar uma peça musical.

Neste modelo, a composição é dividida em fases discretas, que podem ser modeladas e processadas em diferentes ordens. Cada módulo pode ser tratado como um objeto sonoro autónomo, que é transformado em função da interação com os outros módulos. Através da manipulação das relações entre os módulos, o compositor tem a capacidade de produzir uma variedade infinita de formas sonoras.

Esta abordagem aproxima-se da lógica de improvisação não idiomática, onde o intérprete interage com o material sonoro de forma espontânea e intuitiva. Em vez de seguir uma lógica predeterminada, o intérprete pode modificar as conexões na rede, criando uma experiência de improvisação adaptativa.

6.4 Estratégias de composição

O conceito de estratégias de composição engloba tanto o processo criativo quanto o resultado final. Segundo Koenig, no seu artigo "Composition Process" (1978), a composição

pode ser entendida como o ato de escrever uma partitura, mas também como o produto final do processo composicional. Este ponto de vista remete a uma reflexão sobre a relação entre a criação e o produto final, uma vez que a partitura (ou representação final) não reflete necessariamente o processo criativo.

O processo de composição pode ser entendido como uma sucessão de decisões que o compositor faz durante a construção da obra, desde decisões de alto nível (*high-level*), como a escolha de instrumentação, até decisões de baixo nível (*low-level*), como a definição da duração de um evento sonoro específico. A complexidade e a quantidade de decisões podem variar consoante o tipo de abordagem utilizada.

De acordo com Roads (2001), a prática composicional requer uma de três estratégias principais:

1. Top-Down: Estratégia de composição descendente.
2. Bottom-Up: Estratégia de composição ascendente.
3. Abordagem híbrida: Combinação dos métodos Top-Down e Bottom-Up.

Na abordagem descendente, o compositor desenvolve a macroestrutura da obra antes de se dedicar aos elementos de baixo nível. Esta abordagem implica uma predeterminação do todo antes de definir os detalhes. As escalas de tempo abaixo da macroestrutura (por exemplo, motivos rítmicos ou notas individuais) são elaboradas com maior detalhe, progressivamente, até que os elementos mais básicos da estrutura estejam completos.

Este tipo de abordagem tem uma lógica semelhante a métodos composicionais anteriores ao século XX, onde a forma musical seguia modelos pré-definidos, utilizados entre os séculos XVII e XIX (Roads, 2001). Atualmente, a lógica top-down ainda persiste na música contemporânea, embora não seja aplicada a formas musicais conhecidas, mas a estruturas que resultam de abordagens mais experimentais e abstratas.

A abordagem ascendente segue o caminho oposto à abordagem descendente. Neste método, a macroestrutura surge como uma consequência do desenvolvimento de pequenas ideias sonoras. Ou seja, o processo começa nos níveis mais baixos da composição (por exemplo, a criação de motivos rítmicos ou texturas sonoras) e, gradualmente, estas unidades menores conduzem à construção de uma estrutura global mais ampla.

Na música eletrônica, esta abordagem é frequentemente observada no desenvolvimento de fragmentos sonoros que, ao serem manipulados e transformados, formam uma estrutura global. A lógica bottom-up está presente em técnicas como a expansão temporal, onde pequenos fragmentos sonoros são expandidos e evoluem até formar uma composição completa.

De acordo com Roads (2001), o método bottom-up é uma característica proeminente da música eletrônica e dos sistemas baseados em processos generativos e algorítmicos. A prática de música generativa é, em si mesma, uma forma de composição bottom-up, já que pequenas regras algorítmicas podem criar uma macroestrutura emergente.

A abordagem híbrida combina os princípios das duas estratégias anteriores. Nesta abordagem, o processo de composição é o resultado de uma negociação constante entre os níveis hierárquicos. Aqui, a macroestrutura e os detalhes podem ser desenvolvidos simultaneamente.

Esta abordagem híbrida é particularmente visível na música eletrônica e nos processos de composição assistida por computador. O compositor pode definir uma macroestrutura inicial (abordagem top-down) e, ao mesmo tempo, trabalhar os detalhes sonoros de forma ascendente (bottom-up). Um exemplo claro dessa abordagem é a criação de instrumentos computacionais interativos, onde a definição do sistema global (top-down) e a interação em tempo real (bottom-up) ocorrem simultaneamente.

O processo de composição de uma obra de música instrumental difere do processo de composição de música eletrônica, especialmente na forma como o material é manipulado. Enquanto na música instrumental o compositor parte de uma abstração inicial (como uma ideia ou conceito formal) e concretiza-a num sistema de notação, na música eletrônica, o processo é o inverso. Aqui, o compositor trabalha diretamente com o som concreto (sons gravados ou síntese sonora) e, a partir desse material, elabora uma estrutura abstrata.

Conforme refere Koenig (1978): "Electronic sounds or graphic symbols are not always additions to composition; they are often 'composed' themselves, i.e., put together according to aspects which are valid for actual composing" (p. 1). Nesta perspectiva, o som não é apenas uma matéria-prima passiva, mas um agente ativo no processo de composição. Este conceito é especialmente relevante em práticas de síntese sonora e no design de instrumentos interativos, onde o compositor não é limitado a trabalhar o som «final», mas atua diretamente sobre a unidade elementar do som.

A prática composicional na música eletrônica vai além das metodologias tradicionais. A composição algorítmica e as estratégias interativas de composição permitem ao compositor não apenas definir o material sonoro, mas também desenvolver instrumentos interativos e estruturas de processamento de som.

Estas estruturas requerem uma lógica de segmentação e mapeamento de dados, o que implica definir a relação entre as características do som (frequência, amplitude, timbre) e os parâmetros de controlo. O processo de mapeamento de descritores de áudio é um exemplo dessa lógica. No instrumento, definimos os parâmetros de entrada que são extraídos dos sons

criados em seguida mapeamos os dados para controlar outros aspetos do sistema, como a abertura dos filtros ou as funções do CorpusMultimetric.

Podemos também criar processos de criação de material sonoro numa fase posterior à sua performance. Com os módulos podemos produzir vários sons que podem ser uma base sonora para a orientação de uma improvisação, podemos criar ordens pelas quais esses materiais são transformados e processados produzindo assim várias etapas de criação tanto em tempo diferido como em tempo real.

7. Modelos de Síntese

7.1 Síntese e Composição

De acordo com Solomos (2020), o conceito de síntese tem origem no termo grego «composição», cuja tradução latina também reflete esta relação. Este paralelismo revela-se na ideia de uma síntese de som totalmente composta, onde o material sonoro é criado a partir de unidades fundamentais. Na música instrumental, o conceito de composição a partir do material sonoro atinge o seu limite no próprio som, o que significa que, mesmo com os métodos de execução mais elaborados, o som permanece uma entidade parcialmente controlada.

No entanto, com o advento da música eletroacústica, surgem novas possibilidades para construir o som literalmente, ou seja, criar o som a partir do zero, manipulando os seus componentes internos em escalas temporais extremamente pequenas. Na música concreta, este conceito foi inicialmente explorado através do processo de edição de gravações sonoras. Contudo, a verdadeira composição no microtempo só é possível com a utilização do computador. Neste contexto, o compositor consegue controlar os elementos constituintes do som, como a frequência, a amplitude e o espectro.

O desenvolvimento dos modelos de síntese sonora pode ser rastreado até 1951, com a criação do estúdio WDR em Colónia, fundado pelo físico Meyer Eppler, o musicólogo-compositor Herbert Eimert e o engenheiro de gravação Robert Bayer. Este estúdio tornou-se uma referência no desenvolvimento da *Elektronische Musik*, que era distinguida pela ênfase na produção de sons puramente eletrónicos (Solomos, 2020).

Ao contrário da *Musique Concrète*, que manipulava sons gravados, a *Elektronische Musik* focou-se na criação de sons sintéticos, organizados de forma serial. Este método permitiu a manipulação de todas as dimensões do som — altura, duração, timbre e dinâmica — mas, segundo Risset (2004), a tentativa de controlo total resultou, por vezes, em composições que soavam desorganizadas, complexas e incoerentes. Isso ocorreu porque o

formalismo excessivo imposto pelo Serialismo levou a uma estruturação musical demasiado rígida, o que dificultou a compreensão e a apreciação por parte do público.

Nos anos 1970, surge a noção de síntese non-standard, que propõe uma abordagem alternativa à criação sonora. Em vez de seguir uma lógica de simulação de fenómenos acústicos naturais, a síntese non-standard permite que o processo de composição atue diretamente no material sonoro. Como Scipio (1994) refere, esta abordagem vai além da simples reprodução de sons existentes, através de técnicas de composição aplicadas diretamente ao processo de criação do som.

A síntese granular é um exemplo paradigmático dessa abordagem. Nesta técnica, o som é fragmentado em pequenos grãos sonoros que podem ser reorganizados de forma aleatória, sequencial ou probabilística. Esta técnica permite a criação de formas sonoras dinâmicas e complexas, nas quais as propriedades de cada grão (duração, amplitude, frequência) podem ser controladas individualmente.

Ao contrário das técnicas de modelação física, que tentam simular o comportamento acústico de instrumentos, a síntese non-standard é abstrata e independente de referências acústicas. Segundo Cook (1991), esta abordagem separa-se das práticas convencionais de modelação acústica, uma vez que não tenta reproduzir as propriedades físicas do som, mas antes criar novas formas sonoras com propriedades inéditas.

De acordo com Julian Smith III, os modelos de síntese podem ser classificados em três categorias principais:

1. Síntese espectral
2. Síntese física
3. Síntese abstrata (Non-Standard)

As duas primeiras categorias foram desenvolvidas desde a década de 1990, enquanto os modelos non-standard continuam a ser explorados em práticas experimentais. Esta classificação está refletida na Tabela 1, que compara as características essenciais de cada categoria:

Modelo de Síntese	Princípio de Funcionamento	Exemplo de Técnica
Espectral	Manipulação dos componentes espectrais do som	Análise-resíntese espectral
Físico	Simulação de propriedades físicas dos instrumentos	Modelação física de cordas

Abstrato	Modelos não convencionais, sem referência a fenômenos naturais	Síntese granular, Karplus-Strong
----------	--	----------------------------------

Tabela 1 – Características dos modelos de síntese

Os modelos de síntese abstratos incluem técnicas como a síntese FM e o modelo Karplus-Strong, são destacadas pelo facto de serem não lineares. Isso significa que uma mudança linear no parâmetro de controlo não resulta numa alteração proporcional no resultado sonoro, o que proporciona uma maior complexidade harmónica.

Além disso, a síntese non-standard adota uma abordagem baseada no conceito de *microsom*. Roads (2001) define o *microsom* como uma unidade elementar de som que existe numa escala temporal muito curta, inferior a 50 ms. Esses microsoms podem ser organizados para formar texturas complexas, que funcionam como «átomos» do som. Um exemplo desta exploração pode ser tido na obra *Riverrun* (1986) de Barry Truax, uma composição textural semelhante a um fluxo líquido. Esta foi a primeira obra realizada em tempo real através da síntese granular de sinusóides juntamente com síntese FM (Truax 1990) e a sua mistura em várias faixas de áudio, assim como a utilização de *tendency masks*⁷ para controlar vários parâmetros de modo probabilístico com a combinação de presets e ramps (Truax 1990). *Riverrun* é um constante estado de fluxo de densidades que mudam ao longo do tempo com o uso da síntese granular para produzir uma textura contínua. Esta não tem semelhança com a música instrumental. Esta forma de síntese sugere uma complexidade e a dinâmica granular do som, o que cria uma alternativa aos modelos de síntese baseados em formas de onda fixas e envelopes (Truax 1988).

A abordagem non-standard não se limita à produção de sons, mas estende-se à própria lógica de composição musical. Compositores como Bruns, Koenig, Berg e Xenakis exploraram esta abordagem⁸, com métodos de síntese que estão longe da estética tradicional de beleza sonora. Estes compositores não estavam interessados em criar sons «agradáveis» ou «naturais», mas em explorar os limites do som e produzir estruturas que desafiassem as convenções culturais sobre o que é considerado musicalmente belo (Döbereiner, 2001), ou seja a busca “*the composition of timbre, instead of with timbre*” (Roads 2002 apud Brün 1970 p.30).

⁷ Com uma *tendency mask*, controla-se e varia-se os limites superior e inferior de um sinal aleatório. É uma técnica que é usada em composição algorítmica, por exemplo, no Projekt 2 de Gottfried Koenig. Truax usa as *tendency masks* com o programa GRMSKX (Truax 1988) como uma forma de controlo de uma variedade de parâmetros que combina ramps e presets criando uma forma ao longo do tempo. É uma forma gráfica de controlo que permite várias estratégias de controlo paralelo entre vários programas.

⁸ Estes compositores faziam uso da amplitude no tempo como um parâmetro de síntese o que lhes permitia concatenar formas de onda (Roads 2001). Programas que fazem uso deste tipo de síntese são HSS de Herbet Brün, SSP de Koenig, PILE de Berg e Gendy de Xenakis.

A estética da síntese abstrata distancia-se das práticas convencionais e aproxima-se da exploração criativa de formas sonoras radicais. Através de métodos computacionais, os compositores não criam «sons naturais», mas produzem o que Roads (2001) chama de «sons computacionais», que são o resultado de processos de composição computacional. Estes sons resultam de uma interação entre o compositor e o algoritmo, e não de uma imitação de fenómenos acústicos.

A evolução dos modelos de síntese reflete uma transformação no papel do compositor, que deixa de ser uma simples «maquina» de notas para se transformar num criador de sons. Desde a *Elektronische Musik* de Colónia, passando pela síntese non-standard e pela exploração dos microsons, o compositor tem à sua disposição uma ampla gama de técnicas para a criação de novos materiais sonoros.

7.2 Síntese Abstrata, transformação no nível micro

A síntese abstrata (non-standart) no nível micro refere-se à manipulação direta do sinal de áudio em unidades discretas conhecidas como «samples». Cada amostra representa uma instância de tempo específica numa sequência de valores digitais que descrevem o som. O intervalo de tempo entre cada uma dessas amostras é determinado pela taxa de amostragem do sistema, regulada pelo relógio (clock) do processador de áudio (Roads, 2001). No entanto, cada amostra individual, por si só, não possui significado tímbrico. O timbre surge quando um número suficiente de amostras é ordenado numa sequência, permitindo a perceção de frequências, amplitudes e espectros. Nesse contexto, as operações ao nível de «sample» são reguladas pela lógica do Teorema de Nyquist, que estabelece a taxa mínima de amostragem necessária para representar adequadamente um sinal contínuo e define as bases para o processamento de som computacional.

No campo da síntese non-standard, algumas técnicas operam diretamente no nível de «sample», a partir da manipulação direta das amostras, sem a necessidade de construir estruturas de nível micro pré-definidas. Essa abordagem oferece uma maior flexibilidade e abstração na criação de novos sons e texturas. Desde o início da música eletroacústica, as práticas musicais são baseadas numa abordagem criativa e, por vezes, subversiva da tecnologia. Os compositores não utilizavam os dispositivos apenas para os fins propostos pelos fabricantes, mas exploravam o seu potencial para criar sons inovadores e desafiadores.

Um exemplo desta prática pode ser visto nas primeiras experiências com gravadores de fita magnética. Os parâmetros de controlo dos gravadores, como a velocidade de

reprodução e as irregularidades de velocidade (*wow* e *flutter*), inicialmente considerados defeitos técnicos, tornaram-se ferramentas para a exploração artística. Compositores começaram a manipular esses fatores para obter efeitos criativos, como a mudança de *pitch*, a reversão temporal, o looping e os efeitos de *phasing* e *flanging*. Um exemplo notável desta prática é a obra "5 Canon" (1967), de Dick Raijmakers, onde o compositor utiliza um gravador de fita modificado para criar cânones temporais e repetições diferenciadas, nos quais as variações de tempo e velocidade da fita criam padrões sonoros inesperados e dinâmicos.

Com o advento da música computacional, a relação com a tecnologia mudou ainda mais. O computador permitiu a manipulação do som em níveis sub-microscópicos, não mais limitados pelas restrições da fita magnética. Esta prática, que surgiu inicialmente nos anos 1960 e 1970, focou-se em novas técnicas de síntese e novos métodos de composição interativa. A cultura da música computacional não é limitada à simples aplicação de algoritmos padronizados. Os compositores utilizam o computador para transcender regras convencionais e explorar o potencial criativo do processamento sonoro abstrato. Mais do que uma ferramenta de execução, o computador torna-se um instrumento de investigação composicional.

De acordo com Scipio (2002), as suas experiências com o uso de equações não lineares na síntese de som demonstram como se pode utilizar o potencial matemático do computador para criar texturas sonoras complexas e ambientes imersivos. Estas equações, que derivam dos sistemas dinâmicos não lineares, permitem criar uma hierarquia de comportamentos sonoros emergentes. Além disso, Scipio utiliza técnicas de síntese granular para automatizar a produção de fenómenos transitórios, criando evoluções imprevisíveis tanto na estrutura do som como nos seus detalhes internos. Esta abordagem permite que as formas sonoras surjam espontaneamente, sem uma hierarquia rígida de controlo por parte do compositor.

A síntese non-standard não comporta modelos acústicos tradicionais nem têm uma lógica de construção baseada em notas. Pelo contrário, concentra-se em manipular diretamente as formas de onda ou as amostras individuais que constituem o som. Segundo Döbereiner (2001), esta abordagem ignora a lógica de simulação de instrumentos e não é comprometida com a criação de sons que imitem a natureza.

A transformação no nível de «sample» inclui a manipulação direta de cada amostra, seja para modificar a sua amplitude, alterar a sua fase ou modular o seu valor de forma aleatória. Este método não depende de uma estrutura musical preexistente, mas atua no nível mais baixo do som, como se cada amostra fosse um «átomo» de som. Outra técnica recorrente é o uso de modelos de feedback contínuo. O feedback ocorre quando o som de saída é reintroduzido na entrada do sistema, permitindo que o sinal de saída influencie o próprio sinal de entrada. Esta abordagem é explorada em técnicas de síntese e modulação

que criam texturas sonoras em constante evolução, sem a necessidade de definir o início ou o fim de uma frase musical.

Os modelos de feedback contínuo, frequentemente utilizados em contextos de síntese não linear, fornecem uma forma de produzir sons que exibem um comportamento dinâmico e imprevisível. Quando o sinal de saída é reintroduzido na entrada, cria-se uma retroalimentação que permite criar estruturas auto-organizadas e comportamentos caóticos. Esta prática aproxima-se dos conceitos de sistemas dinâmicos não lineares, onde pequenas variações nos parâmetros podem resultar em alterações significativas no comportamento geral do sistema.

Além das técnicas de transformação de «samples» e de feedback, outro conceito importante na síntese non-standard é a abordagem de transformação microtemporal. Este conceito parte da noção de que, em vez de trabalhar com notas ou eventos sonoros tradicionais, o compositor pode operar diretamente nas microestruturas do som, através de técnicas de síntese granular. A síntese granular permite criar texturas dinâmicas e orgânicas, onde o som é fragmentado em pequenas partículas conhecidas como grãos sonoros. Estes grãos podem ser organizados de forma probabilística, determinística ou aleatória, o que proporciona um alto nível de controlo sobre a evolução temporal do som.

No contexto da transformação no nível micro, a abordagem de Di Scipio é particularmente relevante. O compositor utiliza modelos baseados em equações não lineares, que permitem criar estruturas sonoras. Estes modelos podem criar uma hierarquia de comportamentos sonoros, onde sons complexos surgem a partir de operações simples. Esta abordagem é inspirada na teoria do caos, que descreve como é que os sistemas não lineares podem exibir comportamentos complexos e imprevisíveis, mesmo quando as regras de base são extremamente simples.

A síntese non-standard, apesar de não seguir uma lógica coerente e unificada, baseia-se no princípio de que o som pode ser construído a partir do zero, sem recorrer a modelos acústicos de produção sonora ou simulação de instrumentos reais. Essa abordagem rejeita a lógica tradicional da «nota» e foca-se em manipulações diretas da forma de onda ou das suas amostras individuais. Assim, o som é considerado não apenas um objeto audível, mas o resultado de um processo computacional.

Por fim, o que torna a síntese non-standard tão fascinante é o facto de que estruturas de nível superior emergem de operações de baixo nível, muitas vezes imprevisíveis. Isso remete à lógica dos sistemas emergentes, onde a interação entre elementos locais pode criar padrões complexos e inesperados. Este tipo de abordagem pode ser visto em obras que utilizam técnicas de feedback e processos de auto-organização. Tais técnicas não

estabelecem uma hierarquia de controlo rígida, mas permitem que o som seja desenvolvido de forma espontânea, autónoma e irrepetível.

Deste modo, as transformações no nível de «sample», o feedback contínuo e os processos de microtempo representam uma nova abordagem para a criação de sons computacionais, que diferem dos métodos de síntese tradicionais. Este tipo de abordagem reflete uma mudança de paradigma na forma de compreender o som, a composição e a própria relação entre o compositor e o processo criativo. Ao rejeitar a lógica de simulação acústica, a síntese non-standard abre espaço para uma nova estética do som computacional, onde o som é, antes de mais, o resultado de um processo criativo computacional.

7.3 Concretismo e Síntese

A síntese concretista é marcada por uma abordagem centrada na incorporação do ruído na música. Este conceito pode ser rastreado até o piano preparado de John Cage em 1938, prolongando-se pelas décadas de 1950 e 1960. O ruído, nesse contexto, é fruto de uma revolução tecnológica que é manifestada de forma notável no desenvolvimento da *Musique Concrète*. Na música, o termo *sampling* refere-se à prática de utilizar uma gravação pré-existente e reutilizá-la de uma maneira diferente, conceito que começou a ser explorado já na década de 1940. Naquela época, as estações de rádio desempenhavam um papel crucial, pois detinham a tecnologia necessária para o *sampling*, incluindo fitas magnéticas, leitores de fita, altifalantes e microfones.

No âmbito da *Musique Concrète*, destacam-se os compositores e engenheiros franceses Pierre Schaeffer e Pierre Henry, que começaram a explorar esses conceitos no *Groupe de Recherches Musicales* (GRM). Foi neste contexto que surgiu, em 1948, a primeira obra de *Musique Concrète*, intitulada *Five Studies of Noise* (1948), composta por Pierre Schaeffer. Esta obra é central porque coloca o ruído como elemento composicional principal, com gravações de fontes acústicas para a criação de novos sons (Solomos, 2020).

A *Musique Concrète* tem como princípio a utilização de sons acústicos que podem ser captados através de um microfone e posteriormente transformados através de meios eletrónicos. Esta prática contrasta com o método de composição tradicional, no qual o compositor parte de uma ideia abstrata, que é convertida em notação musical e, por fim, interpretada por músicos. Na *Musique Concrète*, o papel do músico é substituído por altifalantes, e a própria noção de partitura é reformulada. Este afastamento das práticas tradicionais levou compositores como Karlheinz Stockhausen a iniciarem a notação do timbre, um avanço significativo no campo da composição musical.

Apesar da oposição entre os métodos tradicionais e os concretos, Schaeffer destaca dois pontos cruciais de interseção entre ambas as abordagens:

1. A imaginação do compositor que utiliza instrumentos tradicionais pode ser ampliada através do contacto com as metodologias da *Musique Concrète*.
2. A instrumentação tradicional pode ajudar o compositor de música concreta a desenvolver uma compreensão mais profunda sobre o som musical.

Os fundamentos teóricos de Schaeffer estão expostos no seu *Tratado dos Objetos Musicais* (1966), uma obra que aborda exclusivamente o material sonoro e os objetos sonoros. O conceito de objeto sonoro funde o mundo exterior (sons ambientais) com o mundo composicional. Schaeffer defende que o essencial na escuta musical é a capacidade de observar os fenómenos sonoros de forma diferenciada. Para isso, propõe quatro tipos de escuta:

1. *Écouter* (escutar) – Imersão no fenómeno acústico, que ocorre de forma passiva e ininterrupta.
2. *Ouir* (ouvir) – Participação ativa do ouvinte no fenómeno sonoro.
3. *Entendre* (entender) – Foco consciente nas características sonoras, onde o ouvinte decide onde concentra a atenção.
4. *Comprendre* (compreender) – Combinação da escuta com a intenção de compreensão da mensagem sonora.

No contexto da *Musique Concrète*, Schaeffer coloca o foco na escuta e enfatiza a importância de desenvolver a percepção auditiva, com três elementos fundamentais:

1. O papel central do ouvido – A maneira como ouvimos o som deve ser o motor de qualquer inovação musical. Esta perspetiva conduziu a investigações sobre a percepção auditiva e o funcionamento do sistema auditivo humano.
2. A preferência pelas fontes acústicas – A exposição constante do ser humano a sons do seu meio moldou a forma como percebemos o som, sendo esta uma parte fundamental da música concreta.
3. A criação de uma nova linguagem de solfejo – No *Solfège de l'Objet Sonore* (1966), Schaeffer propõe uma escuta sistemática e repetida de diferentes objetos sonoros, onde a percepção dos sons é transformada à medida que o ouvinte os examina de forma contínua.

A partir da década de 1950, as técnicas de *sampling* com fita magnética tornaram-se ainda mais sofisticadas. Esta prática permitiu a criação de um corpus de sons que podia ser explorado através de processos de manipulação de áudio. Compositores como, Cage e utilizaram técnicas de sons pré-gravados para criar obras que desafiavam as práticas tradicionais de composição.

No caso de John Cage, a obra *Williams Mix* (1951–1953) foi pioneira, utilizando oito leitores de fita para reproduzir e manipular um vasto conjunto de 600 gravações sonoras. As gravações foram categorizadas em seis grupos:

- Sons de cidade
- Sons do campo
- Sons eletrônicos
- Sons produzidos manualmente
- Sons do vento
- Sons de pequenos objetos, que precisavam de ser amplificados

A abordagem de Pierre Schaeffer sobre o ruído e o som foi fundamental para o desenvolvimento da *Musique Concrète*. Schaeffer defendia que o compositor não devia submeter os ruídos aos sons musicais, mas sim dar-lhes um papel de protagonismo na composição. A sua abordagem, descrita como «let us learn to listen», propunha uma nova forma de arte baseada na exploração de todos os sons possíveis (Solomos, 2020).

Ao contrário de Schaeffer, John Cage apresentava uma abordagem mais inclusiva e abrangente. Cage não se opunha à prática de tocar música e, através do seu conceito de escuta, incluía todo e qualquer som no domínio musical. Por outro lado, Schaeffer, com os seus conhecimentos técnicos de rádio, propôs uma escuta mediada pelo microfone, onde o som gravado é tratado como objeto sonoro.

No final, tal divergência reflete duas perspetivas distintas. Enquanto Schaeffer enfatiza o papel do microfone como instrumento e defende a exploração detalhada dos fenómenos acústicos, Cage promove uma abordagem mais filosófica e aberta. Estas duas visões refletem, por um lado, a escuta que busca a essência do som e, por outro, a escuta que não discrimina entre o ruído e o silêncio.

Em síntese, a dualidade da *Musique Concrète* está no cerne da sua prática. Esta forma de música é simultaneamente uma nova forma de ouvir e uma nova prática musical. Embora seja debatível se o *sampling* pode ser considerado uma técnica de síntese sonora, não há dúvida de que ele desempenha um papel crucial na transformação do som. No entanto, para que o *sampling* seja uma forma de síntese, seria necessário manipular o som no domínio

da frequência e encontrar formas de relacionar as componentes temporais e espectrais. Isso exigiria métodos de composição ao nível do microtempo, um objetivo que só foi plenamente atingido nas práticas de síntese granular e nas abordagens de síntese computacional.

8. Análise e Concatenação

A análise e concatenação de sons emergem como uma das práticas mais significativas no domínio da síntese sonora computacional. As técnicas de manipulação de fitas magnéticas (*Tape*), desenvolvidas no contexto da *Musique Concrète*, desempenharam um papel central na evolução da composição assistida por computador, principalmente quando essas técnicas foram incorporadas em *Digital Audio Workstations* (DAWs). Mais do que uma questão técnica, o conceito de objeto sonoro, proposto por Pierre Schaeffer, tornou-se crucial neste processo. A sua abordagem propõe que o compositor grave sons, analise e os organize com base nas suas propriedades acústicas, utilizando esse conhecimento para compor de forma mais informada e consciente.

Ao contrário do processo de segmentação algorítmica atual, que caracteriza a síntese concatenativa, o método de Schaeffer é manual, centrado na escuta e análise dos fenómenos sonoros. No entanto, embora as abordagens de Schaeffer e da síntese concatenativa possam parecer diferentes, existe uma relação de continuidade e complementaridade entre elas.

Décadas antes de o conceito de síntese concatenativa ser formalizado, as suas bases já estavam a ser exploradas no campo da síntese da voz humana. O desejo de capturar e reproduzir a voz humana é uma obsessão antiga, presente desde as primeiras máquinas de falar, como o autómato de Wolfgang von Kempelen no século XVIII. No entanto, foi com a criação do Voder, desenvolvido pelo engenheiro Homer Dudley nos Laboratórios Bell que esta exploração foi iniciada. Este dispositivo foi apresentado em 1939, utilizando um conjunto de filtros passa-banda, osciladores e envelopes dinâmicos para decompor e sintetizar a voz humana. Dudley sugeriu que a voz humana poderia ser decomposta em componentes elementares – as cordas vocais, as formantes (modeladas pela garganta) e as articulações (produzidas pela boca, língua e dentes).

O Voder não apenas demonstrou a possibilidade de sintetizar a voz, mas também introduziu o conceito de decomposição e reconstrução sonora, que mais tarde seria crucial para o desenvolvimento da síntese computacional. A continuação desse trabalho foi levada a cabo por Max Mathews, frequentemente considerado o «pai da música de computador». Em 1961, Mathews implementou este conceito no domínio do software, culminando na famosa performance da voz sintética que canta "Daisy Bell" (também conhecida por "Bicycle Built for

Two"). Este evento tornou-se histórico, pois foi a primeira vez que uma voz completamente sintetizada por computador foi ouvida.

Com o avanço do processamento digital de sinais (DSP) nas décadas de 1970 e 1980, a síntese da voz evoluiu para métodos mais sofisticados, incluindo a síntese concatenativa de voz. Nesse método, a ideia base é segmentar a voz em unidades mínimas (fonemas, sílabas, fragmentos de som) e depois reordenar e concatenar esses segmentos para sintetizar a fala. O sistema segmenta o texto escrito em fragmentos, que são associados a dados acústicos (sons de vogais, consoantes e transições entre elas) e reorganizados para produzir a fala sintetizada. Esta técnica, comumente usada em *text-to-speech* (TTS) *systems*, permite que um computador converta texto num discurso natural (Sturm, 2004).

O campo de análise e concatenação sonora continua a expandir-se. Em 2001, surgiram avanços com a criação de mosaicos sonoros (*sound mosaicking*), introduzidos por Aymeric Zils e François Pachet. Esta abordagem utiliza a metáfora do mosaico visual, em que uma imagem é composta por pequenas peças visuais que, juntas, formam uma nova imagem. No contexto sonoro, esta técnica consiste na montagem de múltiplas pequenas amostras sonoras que, ao serem reproduzidas de forma concatenada, produzem uma experiência auditiva distinta. A principal diferença entre o mosaico visual e o sonoro está na fluidez e na transição entre os elementos sonoros, que precisa de ser suave e fluida, especialmente quando se trabalha com sons percussivos (Zils, 2001).

A ideia de mosaicos sonoros é frequentemente explorada em contextos criativos, como instalações de arte sonora e música eletrónica experimental. Um dos pontos mais fascinantes desta abordagem é a capacidade de criar texturas sonoras complexas e transformações contínuas a partir de fragmentos individuais de som. Esta prática leva à necessidade de desenvolver algoritmos de transição suave entre os fragmentos sonoros, para evitar que o ouvinte perceba a junção entre os diferentes segmentos de som.

A prática de concatenar sons, tal como sugerido pela síntese concatenativa, também é conectada ao conceito de navegação sonora. Esta prática envolve a exploração do espaço de descritores sonoros (como o timbre, a duração e a frequência) e a interação em tempo real com os sons armazenados em grandes bancos de amostras. Aqui, a navegação do espaço de sons é crucial para encontrar, seleccionar e concatenar as amostras mais adequadas. Para isso, os compositores podem usar descritores de áudio para navegar de forma mais eficiente no corpus de sons, de forma análoga à navegação por palavras-chave numa base de dados.

Em termos de técnicas de concatenação, é importante destacar que esta prática está intimamente relacionada com a noção de navegação por descritores sonoros. Quando um sistema precisa de concatenar um fragmento de som a outro, ele não o faz de forma aleatória, mas baseia-se na proximidade dos descritores sonoros entre as duas amostras. Por exemplo,

se duas amostras possuem descritores semelhantes (mesma frequência fundamental, mesmo timbre ou mesmo envelope), a concatenação é feita de forma mais suave e impercetível. No entanto, se os descritores forem muito diferentes, será necessário aplicar técnicas de interpolação para suavizar a transição entre as duas amostras.

A concatenação e navegação sonora apresentam várias possibilidades de aplicação, desde a criação de instrumentos musicais interativos até ao design de som para cinema e jogos de computador. Na prática, muitos sistemas modernos de inteligência artificial para composição musical utilizam estes princípios para criar composições de forma automática e adaptativa. Exemplos práticos incluem sistemas de música generativa que criam músicas em tempo real, através da navegação de um banco de sons e concatenando-os com base nos descritores sonoros.

A concatenação microtemporal também está presente no campo da síntese granular, onde pequenas amostras (ou «grãos») são manipuladas e organizadas em unidades temporais extremamente pequenas. Neste sentido, os «grãos» podem ser entendidos como pequenas partes de uma fita magnética que são reorganizadas e concatenadas para formar novas texturas sonoras. Esta prática é amplamente explorada em música eletroacústica e *sound design*, pois permite criar sons de transição contínua, variações de textura e transformações dinâmicas de timbre.

A abordagem da concatenação, portanto, oferece um grande potencial de exploração na composição musical e no design sonoro interativo. Do ponto de vista técnico, exige a implementação de modelos de análise de descritores, bancos de sons massivos e algoritmos de interpolação. No entanto, do ponto de vista artístico, o potencial criativo é imenso, pois permite a criação de sons completamente novos a partir de fragmentos sonoros pré-existentes.

Em resumo, a prática de análise e concatenação relaciona-se diretamente com o conceito de objeto sonoro de Schaeffer, mas estende-se além do conceito inicial. Se, no passado, a concatenação era feita manualmente através de fita magnética, hoje ela ocorre automaticamente com o uso de sistemas de segmentação computacional. Esta prática revolucionou a composição musical, o design de som. No entanto, o conceito de microtransformações sonoras permanece presente, seja no domínio da fita analógica, seja nos sistemas digitais. Em ambas as abordagens, o objetivo é o mesmo: criar sons novos e complexos a partir de fragmentos sonoros já existentes, fundindo-os em estruturas coerentes e musicalmente significativas.

8.1 Síntese Concatenativa e Descritores

A síntese concatenativa baseia-se em diversas áreas de investigação, como o processamento de sinais digitais (análise e síntese), as ciências da computação (tecnologia de dados), a estatística e o *machine learning* (classificação). Está ainda associada à recuperação e modelação de informações musicais e à interação em tempo real. Este método utiliza descritores de som para analisar, classificar e reorganizar fragmentos sonoros, permitindo a criação de novos conteúdos musicais e sonoros.

No contexto desta técnica, destaca-se o campo do *Music Information Retrieval* (MIR), uma disciplina interdisciplinar que encontra aplicação na musicologia, na teoria musical e nos estudos musicais, com uma forte presença em aplicações comerciais. Exemplos práticos incluem a pesquisa por características musicais, a análise de bancos de músicas e sons e os sistemas de recomendação de conteúdo musical. Esta abordagem permite que a pesquisa sonora seja orientada por parâmetros como estilo, género, técnicas de composição, padrões rítmicos, instrumentos e orquestração. Todos estes parâmetros podem ser traduzidos em sons, facilitando a pesquisa e a composição musical de forma mais eficiente e automática (Harker, 2018).

A descrição tímbrica é um elemento central neste contexto. O timbre é definido como o conjunto de características que distingue sons com o mesmo *pitch* e intensidade, mas com perceções auditivas diferentes. Por exemplo, o timbre e envelope é o que nos permite diferenciar o som de um violino do de uma flauta, mesmo que toquem a mesma nota. Para quantificar e descrever o timbre, são utilizados descritores de áudio, que permitem capturar propriedades como o espectro de frequências, o envelope de amplitude, a textura harmónica e a decadência do som. Estes descritores são fundamentais para a síntese concatenativa, pois possibilitam a segmentação, classificação e concatenação de fragmentos sonoros.

Contudo, o uso de descritores para a composição musical e o processamento de áudio em tempo real enfrenta alguns desafios. De acordo com Harker (2018), um dos principais problemas é a falta de padronização dos descritores, ou seja, as diferentes ferramentas de análise de áudio podem calcular os descritores de formas ligeiramente distintas, o que leva a resultados inconsistentes. Este problema afeta a integração dos descritores nos processos criativos, pois os compositores e músicos encontram inconsistências nos resultados ao usar diferentes sistemas de análise de áudio.

Outro desafio está relacionado com a falta de uma estrutura unificada para os descritores de áudio. Embora existam bibliotecas e softwares que oferecem acesso a descritores (como librosa ou Marsyas), não existe um modelo universal que permita que estes descritores sejam facilmente compreendidos e utilizados de forma consistente. Isso exige dos

compositores e músicos um conhecimento técnico profundo sobre o funcionamento dos descritores e dos métodos de análise de áudio, o que pode dificultar a exploração criativa e o acesso generalizado a esta tecnologia.

No contexto do processamento em tempo real, os problemas assumem uma dimensão ainda maior. Nos sistemas de improvisação musical em tempo real, o sistema precisa de responder rapidamente a mudanças de timbre e de reagir aos estímulos do intérprete humano. Para isso, os descritores desempenham um papel crucial, uma vez que fornecem informações sobre as características sonoras, permitindo ao sistema processar o som e produzir respostas musicais em tempo real. No entanto, as variações rápidas e constantes nas características sonoras representam um desafio para a estabilidade e consistência dos descritores, especialmente quando a análise ocorre ao vivo e em tempo real.

Apesar dos desafios, o potencial dos descritores na composição e na síntese concatenativa é notável. Eles permitem criar novos instrumentos virtuais, explorar o espaço tímbrico de maneira inédita e transformar os sons gravados. Estas possibilidades tornam-se particularmente relevantes no campo da música eletroacústica, onde a síntese concatenativa é utilizada para a manipulação de sons gravados e a criação de texturas sonoras complexas.

Em síntese, a síntese concatenativa e o uso de descritores de áudio oferecem aos compositores uma nova perspectiva para explorar o som. Contudo, a ausência de uma padronização dos descritores e a falta de uma estrutura de navegação acessível ainda representam obstáculos significativos. Ao superar estas limitações é possível criar ferramentas mais acessíveis, que permitem aos compositores explorar o potencial dos descritores sonoros de forma mais intuitiva e criar novas práticas composicionais baseadas no timbre e na concatenação de fragmentos sonoros.

Matt Hoffman e Perry Cook abordam a questão do mapeamento de parâmetros na performance em tempo real, propondo uma estratégia que permite produzir valores desejados na síntese sonora. Para isso, é necessário considerar as relações entre os parâmetros do sintetizador e os descritores de áudio. No entanto, os autores alertam que nem sempre existe uma relação linear ou previsível entre esses elementos. Muitas vezes, as relações podem ser altamente não lineares, o que torna difícil ou, em certos casos, impossível formular uma relação fechada que permita mapear diretamente os valores de descritores para os parâmetros de controlo do sintetizador.

Diante dessa complexidade, Hoffman (2007) sugere a utilização de um processo offline para gravar previamente os valores resultantes de diferentes combinações de parâmetros. Esta abordagem permite construir uma biblioteca de dados reutilizável, que pode ser utilizada para encontrar as correspondências mais eficazes entre os parâmetros de síntese e os descritores de som. Com base nesses dados armazenados, torna-se possível

otimizar os parâmetros de forma mais eficiente. Este método permite a reutilização das combinações gravadas, facilitando a produção sonora de forma imediata e mais eficiente, especialmente durante performances ao vivo. Desta forma, o sistema pode ajustar e controlar os parâmetros do sintetizador sem a necessidade de cálculos em tempo real.

Como exemplo prático, Hoffman (2007) apresenta um sintetizador composto por quatro osciladores senoidais e ruído filtrado. Os descritores analisados incluem o centroide espectral, a harmonicidade e cinco coeficientes cepstrais. Estes descritores são amplamente utilizados na análise espectral e permitem controlar o brilho do som, a regularidade espectral e a estrutura harmónica do sinal de áudio. Um dos métodos de modulação sugeridos é o uso de um filtro passa-alto (*high-pass filter*) para aumentar a irregularidade espectral. Esta técnica permite modificar a amplitude do espectro de frequências, o que, por sua vez, afeta a textura e o timbre do som. Outra técnica proposta é a síntese cruzada, que possibilita a fusão de características de dois sons distintos, resultando numa transformação híbrida.

A relação entre a análise sonora e a síntese sonora está, assim, ligada ao mapeamento de descritores para dimensões sonoras como brilho, velocidade, rugosidade e entropia. O objetivo é permitir que o algoritmo funcione como uma forma de «escuta computacional», em que as características de entrada (descritores) sejam traduzidas em controlos de saída (parâmetros de síntese).

No âmbito desta investigação, foram desenvolvidos dois módulos: um dedicado à transformação e outro à síntese. Este último utiliza a biblioteca Catart-MuBu desenvolvida pelo IRCAM na linguagem MaxMsp. Esta biblioteca é uma ferramenta de análise multimodal que permite integrar descritores de áudio, síntese granular, síntese concatenativa, síntese aditiva, visualização de dados e algoritmos de regressão. Suporta o processamento de dados em tempo real, o que a torna particularmente útil para composições e performances em tempo real. A origem deste conceito remonta a instrumentos de síntese concatenativa, como o CataRT (2006), SkataRT (2020) e mais recente CoCAVS (2023), ambos desenvolvidos no IRCAM por Diemo Schwarz. Estes instrumentos passaram por várias atualizações e, hoje, representam soluções para a manipulação de som interativa.

No processo de análise de descritores, a MuBu utiliza um objeto chamado *pipo* para capturar e processar descritores sonoros. De acordo Schwarz (2023) os descritores extraídos podem ser classificados em duas categorias principais: descritores de *pitch* e descritores espectrais.

Descritores	Explicação
<i>Fundamental Frequency</i> (pitch)	Média do Pitch ao longo do segmento em Hertz (Hz)

Descritores	Explicação
<i>Periodicity</i> (pitch)	Média de intensidade do Pitch no segmento
<i>Energy</i> (pitch)	Mede a intensidade preceptiva do som, sendo mais elevada em sons de maior potência.
<i>AC1</i> (pitch)	Coeficiente medio de autocorrelação no segmento
<i>Loudness</i> (espectral)	Intensidade média ponderada ao longo do segmento em Decibéis (DB)
<i>Spectral Centroid</i> (espectral)	Média de Brilho no segmento em Hertz (Hz)
<i>Spectral Skewness</i> (espectral)	Média de inclinação espectral sobre o segmento
<i>Spectral Kurtosis</i> (espectral)	Média da largura espectral sobre o segmento
<i>Spectral Spread</i> (espectral)	Média de alastramento espectral num segmento

Tabela 2 Descritores do CataRT

Mais informações sobre os descritores e as suas fórmulas matemáticas podem ser encontradas em Peeters (2003).

Além da biblioteca MuBu, também foi integrada a *Fluid Corpus Manipulation* (FluCoMa), lançada em 2021. Semelhante à MuBu, a FluCoMa oferece suporte para análise de sinais, mas com maior foco em *machine learning* e escuta computacional. Esta biblioteca é usada para desenvolver um módulo de análise do som. Com o apoio de ferramentas como SP-Tools, desenvolvidas por Rodrigo Costanzo, a FluCoMa oferece uma abordagem para a análise e consulta de bancos de sons (corpora), que inclui *detection onsets* (deteção de inícios de sons), classificação de áudio, agregação de dados e consultas de bases de sons.

Os módulos da SP-Tools incluem ferramentas como `sp.descriptors` e `sp.descriptorsrt~`, que permitem a análise em tempo real e fornecem os seguintes descritores:

- *Loudness*: Indica a energia média de um som, estando relacionada à intensidade percebida (volume) do som.
- *Centroid*: Indica o centro de massa do espectro de frequências, que se relaciona com o brilho do som.

- *Flatness*: Mede o grau de uniformidade no espectro, indicando se todas as frequências têm a mesma intensidade.
- *Pitch*: Identificação de melodias e notas musicais.

Além disso, o objeto `sp.onset~` permite a detecção de inícios de sons, utilizando métodos baseados no cruzamento de zero (Zero Crossing Rate), muito útil para reconhecer sons percussivos e detetar o início de eventos sonoros. Os parâmetros de controlo incluem:

- *Sensitivity*: Controla a sensibilidade do threshold para identificar o início do som.
- *Floor*: Define o nível de ruído de fundo, garantindo maior precisão na detecção de onsets.
- *Lockout*: Determina o tempo de inatividade entre a detecção de dois onsets consecutivos.
- *Velocity*: Atribui valores de velocidade MIDI a cada início detetado.

As combinações de todas estas tecnologias permitem a criação de módulos Max for Live, integrado no DAW Ableton Live, para controlo de síntese e análise de áudio (Figura 9). Este módulo permite o mapeamento de descritores para parâmetros do Ableton Live, proporcionando um maior controlo sonoro em tempo real. Com a aplicação de um sinal na sua entrada o sistema analisa o sinal de áudio em tempo real e utiliza os descritores para controlar automaticamente os parâmetros dos módulos Max for Live ou de outros instrumentos virtuais no DAW.



Figura 9 – Módulo Corpus Descriptors, análise de descritores áudio.

De forma geral, todos os efeitos de som processam um sinal na sua entrada. No entanto, alguns modelos de síntese começam pela análise de sons. Como não existe uma

divisão rígida entre modelos de síntese e efeitos, é possível especular que, se a síntese requer muitos dados de um som ou fonte, então a diferença em relação ao processamento de efeitos é apenas conceitual e de ordem de grandeza. Grande parte da adaptabilidade dos efeitos de som pode ser encontrada nos métodos de processamento dinâmico, que incluem compressores, expansores, *noise gates* e *de-essers*. Estes processos baseiam-se no princípio de «*envelope follower*», que também pode ser direcionado para outros processos. Este conceito pode incluir o mapeamento de picos dinâmicos como acontece no módulo Corpus Descriptors descrito anteriormente (Figura 9) do lado direito.

Neste contexto, os «*envelop followers*» são processos dinâmicos em tempo real baseados na amplitude de sinais de áudio ou de voltagem. Esse mesmo conceito pode ser reproduzido em ambientes digitais de forma mais detalhada e flexível com o Corpus Descritor e o Onset (Figura 9). Esta ideia pode ser aplicada para produzir resultados específicos numa situação musical. Por exemplo, é possível aplicar uma análise às secções com mais dinâmica com um analisador de amplitude. Uma vez identificadas, estes picos podem ser controlados com base no nível de amplitude e direcionados a outros domínios.

Neste âmbito, a obra *Scambi* é um exemplo notável de controlo de amplitude numa obra musical aberta. Esta obra foi criada em 1957 pelo compositor belga Henri Pousseur no Studio di Fonologia Musicale, em Milão. *Scambi* é composta por 32 segmentos sonoros de fita («*tape*»), cada um com uma duração aproximada de 36 a 42 segundos. Pousseur criou esses fragmentos sonoros a partir de ruído branco processado através de filtragem de amplitude, reverberação e modulação da velocidade da fita.

A análise dessa obra é realizada por meio de um processo específico denominado «filtragem dinâmica», que foi conduzido com o dispositivo "*Selezionatore di ampiezza*" (seletor de amplitude), desenvolvido pelo engenheiro Alfredo Lietti. Este dispositivo permitiu ao compositor extrair padrões de impulsos irregulares do ruído branco, que passam por um «*bandpass filter*» em várias frequências. Estes sinais são processados por meio de «filtragem dinâmica», semelhante a um «*noise gate*». Dependendo das configurações do seletor, o resultado sonoro varia de impulsos isolados a aglomerações complexas de impulsos aleatórios. A partir da mixagem e montagem das fitas obtidas nesse processo, foram criadas quatro sequências básicas, que serviram de base para a construção de 32 sequências finais. Essas sequências estavam interligadas por um conjunto de regras, diferenciando-se em quatro parâmetros musicais: estatística (lenta-rápida), «*pitch*» (grave-agudo), homogeneidade do padrão sonoro (reverberação curta-longa) e continuidade (intervalos longos de silêncio para som contínuo) (Canazza & Avanzini, 2011).

A exploração do controlo de amplitude também é análoga ao trabalho de Trevor Wishart com o «conjunto de ondas», que aborda as técnicas de microsom, onde um segmento

da forma de onda é delimitado por dois cruzamentos de zero (*zero-crossing*). Essas técnicas baseiam-se na identificação de cruzamentos de zero, um método de análise de sinal.

Desta forma conseguimos usar a análise do módulo Corpus Descriptors com a sua detecção de cruzamentos zero para acionar um impulso que irá ativar o sintetizador modular ou frases feitas através de um sampler com o módulo Corpus Onset receive. Criando assim uma interação e ativação do que tocado e analisado.

8.2 Espaço sonoro como Instrumento

A síntese concatenativa baseada num corpus é uma técnica recente de síntese sonora que começou a ser implementada por volta de 2005 como um sistema interativo de criação e manipulação de sons. Esta abordagem encontra-se disponível em diversos softwares de áudio, incluindo o CataRT (2005), desenvolvido por Diemo Schwarz e pela equipa de pesquisadores do IRCAM e do ISMM (*Sound Music Movement Interaction*). Outras implementações incluem o MATConcat (2004), criado por Bob Sturm, bem como as bibliotecas MuBu e FluCoMa, que integram o ambiente de programação Max Msp. Para além disso, versões de código aberto desta técnica podem ser encontradas em programas como SuperCollider e Pure Data, o que expande ainda mais a sua aplicabilidade na criação de instrumentos musicais interativos.

A base operacional deste tipo de síntese consiste em permitir ao músico a navegação através de um espaço sonoro bidimensional (X, Y), onde os sons gravados ou captados ao vivo estão distribuídos e representados visualmente. Os sons são organizados de acordo com as suas características tímbricas, permitindo que a navegação entre diferentes pontos no espaço produza variações sonoras em tempo real. Esta interação é feita de forma intuitiva, frequentemente com a ajuda de um rato, um *trackpad* ou controladores sensíveis ao gesto, o que transforma a interação num processo de exploração e descoberta musical.

A síntese concatenativa distingue-se de outras formas de síntese, como a síntese granular ou a modelação física, pois se foca na recombinação de fragmentos de som. Em vez de tentar recriar um som de forma matemática ou física, a síntese concatenativa trabalha diretamente com fragmentos de som, o que permite preservar a riqueza e a nuance do som original. Essa abordagem aproxima-se de um modelo exploratório e interativo, em vez de se focar numa simulação acústica. O princípio operativo reside no uso de descritores de áudio que analisam e classificam as propriedades tímbricas de cada som no corpus, tais como o centroide espectral, a energia, a frequência fundamental, a largura espectral e a periodicidade, entre outros.

Estes descritores permitem que os sons sejam posicionados no espaço 2D de acordo com as suas características acústicas, o que facilita o controlo intuitivo por parte do músico. Este controlo pode ser realizado manualmente, ou por meio de dispositivos sensoriais que capturam gestos do intérprete. Assim, o músico navega por um espaço sonoro visual onde cada som é representado por um ponto ou uma nuvem de pontos, e a sua localização no espaço é determinada pelas características acústicas dos fragmentos sonoros.

Os descritores utilizados neste contexto incluem informações relativas à segmentação, como o tempo de início, a duração e o índice de posição de cada unidade sonora. Estas unidades, que formam a base do corpus de som, são armazenadas numa biblioteca de dados e organizadas numa matriz numérica. Esta matriz é usada para calcular a distância euclidiana entre os sons, permitindo a organização dos fragmentos sonoros em função da sua similaridade. O controlo do músico, ao navegar por este espaço, recorre a um modelo de seleção por «k-nearest neighbors» (KNN). Isso significa que, ao mover-se para uma posição no espaço, o sistema aciona automaticamente os sons que estão mais próximos dessa posição. Esta abordagem cria um mecanismo de concatenação interativa, no qual o som resultante não é estático, mas sim uma combinação de sons de forma fluida e contínua.

A metáfora por trás desta técnica é a exploração do espaço sonoro, onde cada som no corpus representa uma localização espacial única. Assim, o músico pode reorganizar, recombina e transformar as amostras de som, explorando a relação de proximidade e distância entre os fragmentos sonoros. Esta abordagem tem o potencial de criar novas texturas e combinações sonoras em tempo real, oferecendo uma forma de improvisação que vai além da tradicional manipulação de parâmetros de síntese sonora.

O CataRT, desenvolvido por Diemo Schwarz, é uma referência neste campo. O CataRT permite o controlo gestual do espaço sonoro e foi uma das primeiras ferramentas a formalizar a síntese concatenativa num ambiente interativo. Outro exemplo notável é o UMAP Corpus Explorer, desenvolvido por Alex Harker, que explora uma abordagem de análise baseada em redução de dimensionalidade. Este método, em vez de utilizar o espaço X-Y, recorre a técnicas de visualização de dados para permitir que os pontos de som sejam organizados e representados num espaço de baixa dimensionalidade.

Este conceito é frequentemente associado à síntese granular, pois ambos os métodos trabalham com a manipulação de pequenos fragmentos sonoros. No entanto, enquanto a síntese granular lida com grãos sonoros e a síntese concatenativa baseia-se em fragmentos de som que são organizados de acordo as suas características tímbricas. Assim, o sistema concatenativo pode superar algumas das limitações da síntese granular, pois a quantidade de dados de entrada (o corpus) pode ser vastamente maior e a análise de descritores permite maior controlo e precisão sobre a organização dos sons.

Ao permitir que o utilizador controle a posição dos grãos no espaço sonoro através dos descritores, o sistema possibilita a criação de sonoridades ricas e detalhadas, preservando as qualidades tímbricas dos sons originais. Este processo de análise e manipulação permite ao compositor ou intérprete controlar a distribuição dos sons no espaço de forma intuitiva e lógica. Por exemplo, o controlo de descritores como o centroide espectral permite selecionar automaticamente os grãos mais «brilhantes», enquanto a energia pode ser usada para filtrar grãos mais intensos ou mais suaves.

O instrumento concatenativo também é capaz de funcionar como uma ferramenta de improvisação e composição ao vivo, uma vez que a interação do utilizador é totalmente aberta e não linear. Cada movimento no espaço bidimensional X-Y produz variações que podem ser reproduzidas ou improvisadas de maneira orgânica. O espaço sonoro é, neste sentido, um instrumento virtual adaptável, controlado pela interação do intérprete. Ao contrário de um instrumento musical convencional, que tem uma forma fixa e uma paleta de sons determinada, a síntese concatenativa permite que o instrumento «mude de identidade» em função do corpus que está a ser usado. Isso é particularmente útil para a improvisação não idiomática, onde o músico não se limita a uma linguagem musical específica, mas pode construir novas sonoridades a partir de uma navegação exploratória.

8.3 Dinâmicas e Texturas

A obtenção de expressões sonoras ricas e variadas neste tipo de instrumento, tal como nos instrumentos tradicionais, depende de uma dicotomia na sua ativação. A dinâmica e a textura sonora são alcançadas através da especificação da posição nos eixos X e Y, que aciona a reprodução de unidades sonoras. Esta ativação ocorre através da navegação gestual no espaço sonoro, onde o intérprete pode selecionar o modo de interação, provocando a excitação do instrumento e a consequente reprodução sonora.

De acordo com Diemo Schwarz, os modos de ativação e reprodução podem ser classificados em três categorias principais: *Fence*, *Beat* e *Bow*. Cada um desses modos apresenta características distintas que possibilitam a criação de dinâmicas e texturas particulares.

- *Fence*: Este modo cria uma expressão sonora sempre que a fronteira de uma região sonora é percorrida pelo cursor. O som é ativado ao passar por zonas que estão próximas da posição atual do cursor, produzindo uma sequência de sons contínuos. Esta técnica é análoga ao movimento de uma mão que desliza ao longo de uma cerca metálica, provocando pequenas vibrações sonoras a cada interação. A proximidade do cursor aos pontos do espaço sonoro

determina a seleção dos sons, e os movimentos de deslize podem ser interpretados como arpejos de várias unidades sonoras. A velocidade e a densidade do som produzido dependem diretamente da rapidez do gesto, ou seja, gestos mais rápidos resultam numa densidade sonora maior, semelhante a uma série rápida de notas.

- *Beat*: Neste modo, a ativação dos sons ocorre de forma rítmica e regular, criando padrões rítmicos e texturas contínuas. Os sons são acionados em intervalos temporais regulares, mas com a possibilidade de variações de densidade e ritmo. O controlo da densidade sonora é obtido por meio do ajuste do raio de seleção (K), que determina o número de unidades sonoras a serem reproduzidas simultaneamente. Além disso, a reprodução pode ser influenciada por parâmetros aleatórios aplicados à granularidade e à reprodução das unidades. Quando o cursor se move de forma rápida, as unidades sonoras sobrepõem-se, produzindo texturas densas e camadas de som. A variabilidade sonora pode ser controlada, o que permite a criação de padrões rítmicos ricos e dinâmicos. Neste contexto o modo *Beat move* que aciona uma nova unidade sempre que a unidade anterior termina de ser reproduzida. Assim como *Loop* e *Loop move*, como mesmo comportamento anterior, mas reservado a um loop nos segmentos. E o modo *Cont*, aciona continuamente o corpus.
- *Bow*: Inspirado no movimento de fricção de um arco sobre as cordas de um instrumento, este modo permite a criação de sons contínuos e sustentados. Quando o cursor desliza de forma contínua, o som resultante é fluido e textural. O deslize do cursor provoca a reprodução de sons que são fundidos uns com os outros, permitindo a criação de texturas imersivas e sons prolongados. Este método é frequentemente associado à execução de notas contínuas, como as obtidas por um violoncelo ou um violino, mas com uma textura mais densa e granulação sonora.

Os três modos descritos estão diretamente relacionados com as técnicas de síntese granular, cuja abordagem será discutida mais à frente. No entanto, a sua aplicabilidade e potencial expressivo no controlo da densidade, da continuidade e da granularidade tornam estes modos essenciais para a manipulação expressiva de texturas.

O módulo desenvolvido (Figura 10) apresenta um espaço 2D com dois eixos (X, Y) que permite a exploração interativa de granulação organizada timbricamente. Os principais parâmetros de controlo disponíveis neste sistema incluem:

- *Size*: Define o tamanho dos grãos sonoros, permitindo o controlo sobre a duração de cada grão. Grãos maiores resultam em texturas mais densas e contínuas, enquanto grãos menores criam variações rápidas.
- *Spray*: Controla a quantidade de dispersão dos grãos no espaço sonoro. Um spray mais elevado provoca a reprodução de grãos sonoros mais dispersos e aleatórios, o que resulta numa textura mais complexa e menos previsível.
- *Vary Size*: Introduce variações no tamanho dos grãos, criando variações subtis ou intensas ao longo do tempo. Esta característica permite a evolução gradual da textura sonora, que se torna mais orgânica e viva.
- *Pitch*: Define a transposição do tom do som. Este parâmetro permite alterar a altura dos grãos sonoros, oferecendo uma maneira de transformar a escala sonora e produzir efeitos musicais de transposição.



Figura 10 – CorpusPlay modos e parâmetros

Para permitir o controlo gestual e dinâmico do instrumento, foi criada uma interface de controlo baseada em acelerómetro, designada OSCAC1. Este sistema permite que os movimentos físicos do intérprete sejam convertidos em parâmetros de controlo. O acelerómetro captura a inclinação, velocidade e intensidade da agitação, traduzindo esses gestos em valores de densidade, intensidade e localização no espaço sonoro. Esse método permite ao músico atuar de forma expressiva e corporal no controlo do instrumento.

A interação via acelerómetro oferece uma abordagem altamente intuitiva, pois permite ao músico modificar a sonoridade de forma mais natural e expressiva. No entanto, a utilização do acelerómetro apresenta uma desvantagem: a precisão na seleção de pontos sonoros é reduzida, pois a agitação e os movimentos rápidos podem dificultar o controlo exato

da localização no espaço sonoro. Este problema pode ser atenuado com o uso de modeladores de movimento e filtros, que suavizam os gestos e reduzem a imprevisibilidade.

Ao combinar as possibilidades de navegação nos eixos X e Y com a sensibilidade do acelerómetro, este instrumento possibilita a criação de uma variedade infinita de dinâmicas e texturas sonoras. Esta combinação de controlo gestual, granularidade e espacialização sonora torna o instrumento altamente adaptável e versátil, permitindo a exploração de sonoridades que vão desde texturas contínuas e imersivas até ritmos pulsantes e intermitentes.

A interação dinâmica com o espaço sonoro permite ao intérprete modificar o som de forma contínua e intuitiva, facilitando a criação de performances musicais únicas e irrepetíveis. Este sistema, ao contrário dos instrumentos tradicionais, não possui uma identidade sonora estática, pois a sua personalidade sonora muda de acordo com o corpus utilizado e com os movimentos do músico. Isso torna o instrumento ideal para contextos de improvisação não idiomática, onde a sonoridade não está predeterminada, mas é descoberta e explorada em tempo real.

O potencial expressivo deste instrumento reside na possibilidade de explorar a relação gesto-som de forma orgânica. Ao interagir com os modos *Fence*, *Beat* e *Bow*, o músico tem acesso a uma ampla gama de possibilidades de execução, que vão desde o controlo rítmico e percussivo até a exploração de texturas contínuas e envolventes. Esta abordagem híbrida de controlo gestual transforma o espaço sonoro num instrumento vivo, sensível aos movimentos do músico.

Deste modo, a integração de técnicas de navegação no espaço 2D, descritores de áudio, mapeamento de parâmetros granulares e controlo por acelerómetro permite ao intérprete ter um controlo total sobre a textura, a densidade e a dinâmica sonora. Esta abordagem híbrida é uma proposta inovadora que combina as técnicas tradicionais de síntese granular com as mais recentes técnicas de síntese concatenativa, explorando o espaço sonoro através de um acelerómetro dando um corpo ao computador. Assim, o espaço não é apenas uma ferramenta de organização de sons, mas também um instrumento por si só, onde a interação e a manipulação gestual permitem a criação de novas texturas e dinâmicas sonoras, proporcionando ao músico a possibilidade de criar performances únicas e imersivas

9. Micro Som

9.1 Síntese Granular

Em 1946, o físico Dennis Gabor iniciou a sua investigação sobre a Transformada de Fourier e outras formas de análise, nas quais explorou como o ouvido humano percebe os sons e como estes podem ser analisados (Risset, 2014). Para tal, Gabor introduziu o conceito de «quanta» de som, definido como a partícula mínima de informação sonora necessária para o discernimento auditivo. Na síntese granular, o «quanta» é uma pequena porção de áudio utilizada para construir texturas sonoras, um conceito que pode ser expandido para a micromontagem, como veremos adiante. Gabor ilustrou o conceito de «quanta» de som através de uma janela retangular no domínio do tempo e da frequência, demonstrando que, à medida que a duração de um som é encurtada, o seu espectro no domínio da frequência é ampliado. Em termos práticos, uma onda sinusoidal cuja duração seja inferior a 50 milissegundos transforma-se progressivamente num clique à medida que a sua duração diminui (Truax, 2003). Por outro lado, de acordo com o compositor Barry Truax, para reduzir a incerteza na frequência, é necessário um intervalo temporal mais longo, tanto na análise como na síntese.

Na física quântica, o Princípio da Incerteza de Heisenberg (1927) estabelece que a precisão com que se pode determinar a posição de uma partícula está inversamente relacionada com a incerteza na determinação da sua velocidade. No âmbito do microtempo e do nível quântico, o tempo e a frequência estão interligados, sendo que a unidade fundamental do tempo se encontra na ordem dos milissegundos ou menos. Esta analogia com o Princípio da Incerteza de Heisenberg não é meramente metafórica, uma vez que a velocidade é definida pela variação da posição no tempo. Assim, a precisão na determinação de uma variável está diretamente relacionada com a imprecisão na outra. A frequência pode ser igualmente entendida como a forma de mudança da fase temporal (Truax, 2003).

Com base nesta relação, surgiram, nas últimas duas décadas, métodos contemporâneos de síntese sonora e processamento de sinais baseados em modelos de tempo-frequência. Estes modelos utilizam princípios quânticos, de modo que as alterações no domínio temporal de um sinal resultam em mudanças no domínio espectral e vice-versa (Truax, 2003). Um dos métodos mais relevantes é a síntese granular, também conhecida como granulação do som, que produz resultados através de altas densidades de «quanta», denominados grãos. Esta forma de síntese utiliza sons com durações de aproximadamente 1ms a 100ms, resultando numa repetição superior a 20 Hz. A sequência de grãos é fundida num som contínuo, de forma semelhante à percepção de *pitch*, que emerge através da repetição. A estes grãos é aplicado um envelope de amplitude *gaussian* ou de outras formas,

sendo possível sintetizar vários grãos simultaneamente com controle sobre densidade, velocidade, fase, volume, frequência e posição espacial (Roads, 2001).

9.2 Relações entre Frequência e Tempo

Tradicionalmente, a acústica concebe o som em termos de domínio de frequência ou de tempo, desconsiderando, muitas vezes, as relações entre estes dois domínios. Na análise de Fourier, por exemplo, o som é tratado como um conjunto de ondas sinusoidais invariantes no tempo, privilegiando o domínio da frequência em detrimento do domínio do tempo. No entanto, o microsom, embora frequentemente derivado do domínio temporal, destaca a relação intrínseca entre o tempo e a frequência, devido à curta duração de cada grão.

Esta interação é evidente, por exemplo, na análise rápida de Fourier (SFFT), onde o tamanho da janela influencia diretamente a resolução temporal e espectral. Uma janela de tamanho reduzido proporciona uma maior precisão na resolução temporal, mas compromete a precisão na resolução de frequência. Por outro lado, uma janela maior oferece uma resolução de frequência mais precisa, mas reduz a precisão na resolução temporal. Esta relação de compromisso entre tempo e frequência é central na compreensão e manipulação do microsom.

9.3 Morfologia, Micro Montagem

No contexto desta pesquisa, a síntese granular é direcionada para o uso de material gravado, utilizando o processo de composição por meio da montagem de sons, especificamente microsoms. Sons cuja duração se encontra entre 1 e 100 milissegundos podem ser definidos como microsoms. A micromontagem trata o som como um composto atômico de partículas (Roads, 2001). O conceito granular num som gravado pode ser utilizado, por exemplo, para esticar o som no tempo sem alterar o seu *pitch*, o que representa um paradoxo interessante. Neste nível micro, é possível manipular o tempo e a frequência de forma independente, mas no nível macro, estes permanecem vinculados (Roads, 2001).

Neste contexto de exploração atômica do som, Iannis Xenakis foi o primeiro compositor a desenvolver composições que exploraram extensivamente este conceito. Todos os sons podem ser considerados partículas sonoras elementares, com Xenakis a desenvolver uma taxonomia para o grão e para os conjuntos de partículas, tratados como massas ou nuvens sonoras (Xenakis, 1992). Outra abordagem é a do compositor Horacio Vaggione, que trabalha através da micromontagem. Neste processo, o compositor usa conjuntos de sons, edita e sequencia o som com elevado nível de detalhe, numa rede de processos que inclui

vários níveis de atividade (Roads, 2001). Um exemplo significativo desta abordagem é o programa IRIN (2004) do compositor Carlos Caires. Este programa combina edição gráfica e de partituras com lógicas algorítmicas e manipulação de sequências sonoras, entre outras ferramentas destinadas à criação e ao desenvolvimento orgânico do material musical (Caires, 2004). Este programa permite editar e manipular o som em múltiplos níveis, possibilitando a construção de figuras sonoras e a colocação destas numa escala maior, permitindo manipulações e transformações globais no âmbito de uma música.

Excelentes exemplos do uso da granulação, segundo Roads, podem ser observados em obras de Vaggione como "*Shifting Mirrors*", "*Agon*" e "*Schall*" (1998). Esta última foi criada a partir de notas de piano e consiste numa interação entre escalas de tempo, uma característica comum na micromontagem. A obra explora o *pitch* e o ruído, criados pela variação na duração dos grãos, com Vaggione a enfatizar a importância da não linearidade entre as escalas de tempo. O conceito de não linearidade, de acordo com Solomos, pode ser relacionado com o pensamento do filósofo Michel Serres. Para Serres, o conceito de rede deriva de uma situação onde existe uma pluralidade de pontos ligados por uma pluralidade de ramificações, em que nenhum ponto é subordinado a outro. Cada ponto tem a sua independência e influência próprias.

A noção de morfologia no conceito de Vaggione está presente na sua abordagem, da síntese granular. Uma forma de onda composta por algumas notas e a macroforma de uma música podem ser vistas como formas que evoluem numa escala de tempo específica. Esta perspectiva permite a unificação do domínio sonoro com o material e a forma (Solomos, 2006). Este pensamento postula que o material sonoro não é neutro, pois não existem unidades mínimas que possam ser livremente combinadas para produzir formas abstratas. Assim, a forma não é totalmente independente do material. Esta abordagem difere das formas parametrizadas, pois permite analisar uma forma sonora, assim como discutir as suas qualidades, características e as suas partes, em vez de se limitar à análise dos parâmetros. A visão morfológica de Horacio Vaggione permite entender as formas sonoras como movimentos dinâmicos ou processos, onde o pensamento processual orienta o discurso musical e o vetoriza (Vaggione, 1996). Esta abordagem oferece soluções para o problema da mistura de materiais instrumentais e eletrônicos, ao estabelecer uma vectorização comum.

9.4 Passagem do Tempo

A coincidência entre a transformação e a edição sonora é concretizada através da distinção entre a criação de som e a estrutura, utilizando computadores no processo composicional. Esta abordagem é transposta para valores interpretados como parâmetros

musicais, tais como *pitch*, volume e duração. No entanto, as fronteiras entre os dois domínios são fluidas. A fusão desses polos encontra-se na arquitetura das linguagens musicais computacionais, abordando tanto a composição algorítmica quanto a síntese sonora numa perspectiva unificadora. Em 1930, Henry Cowell destacou que os ritmos, quando acelerados, tornam-se tons perceptíveis. Anos depois, Karlheinz Stockhausen observou a relação subtil entre a forma e o material, postulando que ambos podem ser considerados uma e a mesma entidade (Stockhausen, 1989).

No contexto criativo da música eletrônica de Colônia, destaca-se uma reflexão importante. O exemplo paradigmático é o artigo "*Wie Die Zeit Vergeht*" (1956) de Karlheinz Stockhausen. Em 1972, na sua conferência em Darmstad "*Four Criteria of Electronic Music*", Stockhausen propôs uma perspectiva musical na qual os domínios da forma, ritmo e timbre poderiam ser traduzidos uns nos outros de forma perfeita, através dos meios tecnológicos (Roads, 2001). Este conceito está relacionado com a integração das várias escalas de tempo numa música. Stockhausen observa que *pitch* e ritmo podem ser considerados um único fenómeno, diferenciando-se apenas pela escala temporal. No seu artigo "*The Unity of Musical Time*" (1962), ele apresenta a sua abordagem à composição de "Kontakte", uma música eletrônica onde, através do uso de um gerador de impulsos, se distinguem vinte e uma oitavas de tempo, com durações que variam de 1/16 de segundo a 3.600 segundos (uma hora), abrangendo a diversidade de eventos perceptíveis numa composição musical.

9.5 Escalas de tempo

Uma propriedade importante na definição de um processo composicional é decidir o nível operacional no qual as decisões e operações são conduzidas. Em *Microsound*, Roads (2001) define nove escalas de tempo de música que abrangem do infinito longo ao infinitamente pequeno. Esta estrutura descreve de forma abrangente os diversos níveis temporais presentes na música:

1. Infinito: Refere-se a um intervalo de tempo de duração infinita.
2. Supra: Refere-se ao intervalo temporal que excede a duração de uma composição.
3. Macro: Representa, de forma geral, a forma de uma obra musical.
4. Meso: Compreende a frase musical, formada pela divisão da macroestrutura em partes menores ou pelo agrupamento de objetos sonoros em frases de vários tamanhos.

5. Objeto sonoro: Unidade básica da estrutura musical, análoga ao conceito de nota, abrangendo todo o som perceptível.
6. Micro: Partículas sonoras numa escala de tempo que se estende até ao limiar da percepção auditiva, em milésimos de segundo ou milissegundos.
7. Sample: Nível de representação digital de um sinal de áudio analógico expresso por valores numéricos de amplitude num intervalo de tempo fixo.
8. Subsample: Escala de tempo impercetível, dada a sua duração extremamente curta, e entendida como as flutuações que ocorrem abaixo da escala de tempo do "sample".
9. Infinitesimal: Intervalo de tempo com duração matematicamente infinitesimal.

No contexto composicional, as escalas mais utilmente aplicáveis são as que ocorrem nos níveis micro, objeto sonoro, meso e macro. Estas escalas de tempo são parte fundamental da linguagem musical eletrónica e funcionam como pontos de referência para descrever sons ou elementos musicais. A sua estrutura assemelha-se ao ponto de vista tradicional, no qual notas formam motivos, que formam frases, que por sua vez formam seções maiores. Segundo Vaggione, o «microtempo» refere-se à escala abaixo da nota. As primeiras tentativas de criar sons na música eletrónica analógica, particularmente no WDR em 1955, exploraram a sobreposição de sinusoides, como se seguisse uma «receita de síntese aditiva de sinusoides» (Solomos, 2020), combinada com técnicas de mistura e edição. Para Vaggione, esta abordagem aplica-se ao macrotempo, enquanto obras altamente articuladas, como *Gesang der Jünglinge* (1955) de Stockhausen, demonstram a utilização de material sonoro de forma a elaborar a dimensão macrotemporal. No entanto, Vaggione argumenta que esta abordagem não reflete uma "organização temporal equivalente ao nível das componentes sonoras" (Vaggione, 1994).

Sob outra perspetiva, a conceção granular do som desenvolvida por Iannis Xenakis no final da década de 1950 também é bastante reveladora. Esta proposta implica que a composição de uma obra completa é, na verdade, uma síntese de som numa escala superior. Em grande parte da sua produção, tanto instrumental como eletrónica, a música de Xenakis pode ser analisada e ouvida como um som composto. Este princípio é visível em obras que utilizam a síntese estocástica, que permitia a concatenação de formas de onda em tempo real, assim como em obras como *S.709* (1994). O software *ST* implementava um algoritmo que sintetizava o som de forma contínua, com base em variações probabilísticas de uma curva de pressão (Gibson, 2022). Nesta abordagem, a síntese do som e a composição tradicional não são tratadas como processos separados, uma vez que a «macrocomposição» resulta diretamente da «microcomposição» (Xenakis, 1971).

10. No espaço e no momento

10.1 En Vivo

A expressão «*Live Electronics*» é frequentemente atribuída ao impulso criativo de John Cage e à sua tentativa de romper com o regime tradicional em que o compositor escreve e o músico interpreta. Esta rutura não só deu origem a novas possibilidades composicionais, como também reconfigurou o papel do músico, criando um polo de várias interpretações em relação à performance. Essa liberdade permitiu a invenção de novos instrumentos por parte de músicos como David Tudor e compositores como Gordon Mumma. Além disso, promoveu a ideia de um pensamento indivisível entre instrumento e composição, entendidos como um aglomerado técnico-analógico dedicado à performance ao vivo (Michelle, 2015).

A performance ao vivo revela as ações humanas e os processos mecânicos, que estão dinamicamente acoplados em relação ao espaço onde ocorrem. Os resultados sonoros trazem traços audíveis dessa interação (Scipio, 2021). O conceito de «*Liveness*», ou vivacidade da performance, decorre da interdependência perceptível dos elementos sonoros que são afetados mutuamente durante o momento e em função das circunstâncias do espaço. Agostino Di Scipio, em *Thinking Liveness in Performance with Live Electronics* (2021), argumenta que o termo «ao vivo» não é equivalente a «tempo real». No campo das ciências da computação, «tempo real» é um termo associado à velocidade computacional no ato performativo, mas Di Scipio enfatiza que a mera presença deste termo no momento não é suficiente para caracterizar a «vivacidade».

Para Di Scipio, o conceito de «vivacidade» precisa de estar integrado com uma noção de espaço, o que inclui a presença audível do material sonoro e o local da performance, bem como as suas conotações físicas, sociais e culturais. Essa separação conceitual entre tempo e espaço não deve implicar que ambos possam ser divididos na realidade fenomenológica.

É crucial compreender que a indivisibilidade do tempo e do espaço na experiência vivida, no «aqui e agora», é um dos fundamentos da performance ao vivo. Esta acontece através de uma ecologia de ações e percepções, que não podem ser abstraídas do espaço físico e das próprias condições materiais e culturais (Di Scipio, 2021).

10.2 In Vitro

Num concerto, é comum testar o equipamento de som e configurar todo o ambiente para mitigar os efeitos colaterais da acústica, de forma a evitar artefactos técnicos, ruídos, reflexões excessivas e interferências de sinais, entre outros problemas. Este procedimento é necessário para integrar o som eletroacústico à acústica da sala. Nesta situação, encontra-se um exemplo de condição *In Vitro*, ou seja, "experimentado no laboratório, produzido e observado em condições de trabalho altamente formalizadas, controladas e protegidas" (Scipio, 2021). Esta atitude transforma o espaço performativo num estúdio, contrastando com a ideia de «Live» da performance, que é caracterizada pelo confronto direto com as contingências da situação e pela atitude construtiva face a constrangimentos e condições de trabalho que nem sempre são ideais.

Para que uma performance seja considerada *En Vivo*, é necessário que as contingências que emergem do espaço real não sejam vistas apenas como imperfeições a serem resolvidas, mas também como oportunidades de coexistência produtiva entre erro, adaptabilidade e coerência. A performance ocorre quando o som e a música escapam à objetivação, sendo percebidos independentemente da fonte sonora. Mais importante ainda, a performance é entendida como uma situação relacional, que envolve o ambiente da experiência vivida com máquinas, humanos e espaço.

Observações sobre a performance das obras aleatórias de John Cage, incluindo a sua noção de «silêncio», demonstram que o espaço performativo inclui tanto os sons emitidos pelo músico e pelos equipamentos/instrumentos quanto uma variedade de sons acidentais provenientes de diferentes fontes. Estas fontes podem incluir perturbações do público, consideradas ruídos e sons externos à música, sugerindo que estas manifestações também fazem parte do contexto musical. Um argumento complementar pode ser encontrado na obra de Gordon Mumma, que evidencia que, se o ruído é visto como um intruso, certos modelos de síntese funcionam como uma metamorfose, permitindo a modelação do espaço, do contexto real e do material.

Atualmente e ao longo da história, é comum considerar os problemas técnicos como condutores criativos, tanto na música tradicional quanto na música experimental. Este pensamento implica a consideração das condições de trabalho no espaço, o que exige uma abordagem empírica e relativa. Esta perspetiva, no entanto, pode entrar em desacordo com os padrões da engenharia e da física da acústica, pois os meios eletrónicos permitem suspender ou aumentar a realidade fenomenológica do ato de tocar música ao vivo. Assim, a performance encena e torna audível o relacional e o relativo, mesmo quando é estruturada por múltiplas camadas tecnológicas (Scipio, 2021).

10.3 Os problemas

As questões levantadas por Scipio direcionam o espaço e a sua configuração técnica para observações que podem ser encontradas no pensamento de Cornelius Cardew. Estas observações dizem respeito à forma de como capturamos o momento. Esta visão aborda os problemas das técnicas de gravação aplicadas a contextos ao vivo de improvisação, considerados como «elementos vazios», uma vez que na melhor das hipóteses, temos apenas uma sugestão indistinta quanto às emoções transmitidas e ao sentido de tempo e lugar. Estas questões já tinham sido levantadas desde a invenção da técnica de gravação e nos pressupostos da Música Concreta, que desapropriava as fontes reprodutoras.

Para Cardew, é impossível gravar a música que deriva de uma sala, onde o tamanho, a forma e as propriedades acústicas moldam o resultado final. O que a gravação produz é um fenómeno separado, algo muito mais estranho do que a produção musical em si. Quando ouvimos uma gravação, constatamos a reprodução de um som, mas divorciado do seu contexto natural (Cardew, 1971). Esta visão encerra um sentido de pureza face ao que é criado no momento, algo que é distinto do produto gravado.

Cardew vai mais longe ao comparar esta pureza à do álcool no seu estado puro e à sua disponibilidade pública: "existem, mas não são próprios para consumo". Esta analogia aponta para o facto de que a prática musical é associada a um estado puro. Segundo ele, esta música não pode ser gravada, pois não é ideal para ser ouvida em casa. Isso ocorre porque a sua força depende da resposta da audiência e do ambiente onde ocorre, ou seja, num espaço público e não num estúdio de gravação.

Os aspetos relacionais associados às formas de fazer música no momento não são focados em técnicas de fidelidade sonora, mas sim na improvisação como oportunidade de expressão de um continuum sonoro intuitivo e visceral. Esta prática não pode ser reduzida a impulsos elétricos na fita nem à oscilação da membrana de um monitor (Cardew, 1971).

10.4 Ecossistema Performativo

Nos limites deste capítulo, a direção principal deve ser clara. As observações apontam que o termo «Live» em contextos de performance tecnológica refere-se à fenomenologia de uma unidade operativa composta, cujos componentes são interdependentes nas suas operações. Este ecossistema funciona como uma unidade operativa. Neste contexto, utilizam-se vários recursos humanos, mecânicos, eletroacústicos e digitais, num espaço onde este conjunto de elementos é instalado, acionado e entendido como

o ambiente do sistema com os seus componentes. Este conjunto de aparelhos ou componentes só está completo quando os elementos estão acoplados entre si, ou seja, até ao momento da performance, entendida como um processo temporal e situacional no espaço. Este processo cria um sistema dinâmico maior e autónomo, onde tanto o sistema como o local produzem uma unidade operacional maior. Nesta unidade, os agentes não são resumidos a componentes individuais, mas constituem um sistema global em que os vários componentes e subcomponentes são acoplados, formando uma ecologia de trocas locais e globais, uma rede de feedback através de múltiplas cadeias de causa e efeito (Scipio, 2021).

A esta unidade operacional, Scipio dá o nome de «ecossistema de performance», um termo que se refere às práticas sonoras. Ele define este ecossistema como um conjunto de partes que operam juntas numa conexão funcional, formando um composto de várias partes. Este conceito encontra paralelo na Teoria Geral de Sistemas de Von Bertalanffy (1968), que descreve os sistemas como complexos de elementos em interação, assemelhando-se a organismos vivos chamados «sistemas abertos». Estes sistemas interagem com o seu ambiente, o que inclui outros sistemas distintos, mas correlacionados por meio de trocas energéticas ou informacionais que os ligam entre si.

A performance, neste contexto, é concretizada através de um conjunto de processos dinâmicos que envolvem a interação de vários agentes: humanos (artistas), técnicos (equipamentos eletroacústicos, computadores e dispositivos de áudio) e o espaço. Este conceito também é utilizado tanto na engenharia como na teoria dos ecossistemas, onde o termo «ecossistema» é definido como uma rede de relações biológicas num determinado espaço físico, onde cada as interações entre elementos dão origem a uma situação emergente. Num ecossistema performativo, os agentes devem ser vistos como zonas de ação autónomas, mas dependentes. A sua formalização é criada através de outros agentes, incluindo o espaço, que medeia (transforma, dirige, favorece ou contrasta) cada ação e percepção individual. Em resumo, a agência na performance é distribuída entre vários recursos diferentes.

Scipio propõe três níveis de análise para a estrutura do ecossistema performático. O primeiro nível é o Performer-Espaço, que se refere ao ato de tocar o instrumento no espaço e à experiência sensória envolvida nesse processo, denominada "*Feeling one*". O segundo nível é o Performer-Equipamento, que diz respeito às interações entre o performer e o equipamento, incluindo o controlo, forma, tamanho e materiais. Esta relação também envolve a interação técnica e psicológica entre o equipamento e o performer. O terceiro nível é o Equipamento-Espaço, que se pode observar em trabalhos de instalações, onde o uso de sistemas de autorregulação permite que o som seja produzido sem a supervisão de um humano.

Scipio afirma que a observação destes três elementos é frequentemente alvo de uma dicotomia destinada à distinção dos seus papéis. No entanto, durante uma performance, estes elementos trabalham de forma interdependente dentro de uma ecologia de *loops* de feedback. Esta ecologia pode envolver várias estratégias de como e quantos *loops* de feedback são utilizados. As relações e a integração desses *loops* caracterizam o processo ecossistémico. Estes processos dirigem-se à criatividade das práticas sonoras e podem ser caracterizados de duas formas no que diz respeito ao termo «vivo».

O conceito de «vivo forte» ocorre quando se caracteriza pela sua conceção tecnológica envolvendo vários elementos. Esta visão global do ecossistema produz complexidade no momento e no espaço. Implica o uso de todo o ambiente como catalisador de relações com o médio, onde a fusão de elementos humanos e mecânicos pode ser controlada criativamente em tempo real. Já o conceito de «vivo fraco» ocorre quando apenas um dos elementos do sistema performático é utilizado, como em situações interativas em tempo real com um computador.

Estas observações são apresentadas de forma simplificada, pois cada performance pode ter diferentes momentos, intenções e formas de fundir o performer e os elementos computacionais num só contexto. No entanto, a separação proposta por Scipio reflete a diversidade de níveis performáticos. No «vivo forte», a performance atinge o nível de «*becoming the environment*», uma manifestação criativa de alto nível em que o espaço é tratado como um potencial transformador de formas de navegação e relações no ecossistema. Por outro lado, o «vivo fraco» está mais contido na interação entre o performer e o instrumento. Este contexto demonstra que a performance é «live» na medida em que o ecossistema adquire uma autonomia operativa através da frágil união estrutural entre humano, máquina e espaço.

10.5 Free Improvised Music

A *free improvised music* tem origens em vários géneros musicais e desenvolveu-se ao longo dos anos num género particular que exige muita flexibilidade, bem como técnicas e virtuosismo dos músicos. Como género e subcultura, desenvolveu-se ao longo da segunda metade do século XX, desde as práticas de Jazz até *Aus den sieben Tagen* (1968) com a música intuitiva de Stockhausen. A improvisação, enquanto prática, é atualmente considerada um género musical que impulsionou o desenvolvimento de diversas práticas musicais. Grande parte da liberdade atribuída a esta prática tem origem nas propostas de Cage, especialmente na sua abordagem ao aleatório na composição, através de partituras gráficas com interpretação livre. As explorações experimentais realizadas por grupos de vanguarda, como

o movimento Fluxus na década de 1960, percorreram uma experiência de aleatoriedade e indeterminação. Na opinião de Derek Bailey, a experiência indeterminada percorrida por estes movimentos não se compara à improvisação, sendo que, numa entrevista com Earl Brown, ele destacou que Cage organizava "estritamente e fixamente através de processos de acaso, enquanto eu trabalhava com formas de improvisação" (Bailey, 1992).

Na década de 1960, surgiram críticas à improvisação livre, sobretudo no sentido de que a prática poderia criar uma tendência para execução e interpretação de ideias já repetidas e frases sonoras. Contudo, esta crítica poderia ser igualmente aplicada ao domínio da composição, uma vez que os compositores também recorrem a ideias familiares ao longo das suas vidas. A improvisação não se resume a desenterrar ideias familiares do subconsciente e tocá-las num instrumento. Pelo contrário, ela deve ser generativa, mais do que influenciada. A improvisação é, antes de tudo, a memória do que aconteceu até aquele momento e, em seguida, a antecipação do que pode acontecer a seguir. O momento presente é dinâmico, movendo-se através do tempo da improvisação, durante o qual o material sonoro ou a memória são expandidos gradualmente, influenciando o que acontece no momento e criando uma antecipação do que pode vir a seguir. Esta situação é interessante porque o público está exatamente na mesma posição de antecipação e memória, apreciando a estrutura emergente da improvisação.

Esta abordagem deriva, em parte, das ideias de John Cage, que postulou que nenhum som é, a priori, um som não musical. Uma possível extensão desta ideia é que qualquer combinação de sons pode ser considerada uma combinação musical de sons. Se é musical ou não, esta deixa de ser uma questão relevante. Uma questão mais significativa é como esta prática cria as condições para uma música interessante e envolvente. Com esta perspetiva, torna-se possível a improvisação livre, uma vez que não é mais necessário planejar como os sons irão interagir entre si. O advento da improvisação livre na década de 1960 foi um passo importante no desenvolvimento do pensamento musical, oferecendo uma nova forma de criar estruturas ao mesmo tempo que os sons são criados.

No domínio da improvisação, é possível criar experiências musicais sem estruturas pré-determinadas ou restrições estilísticas, permitindo aos músicos explorar novos sons e gestos musicais no momento da performance. O músico tem um propósito e responsabilidades para com a música, podendo optar por uma atitude estética e exploratória nas possíveis formas de tocar o instrumento. Cada decisão muda o rumo de ações futuras, como apontado por Joel Chadabe, que sugere que o músico «reage» ao *setup*.

Neste contexto, a experiência de tocar interage com o ecossistema performativo proposto por Scipio, onde o espaço e o ambiente influenciam o músico.

Apesar de a improvisação permitir a adaptação a novas circunstâncias, também dificulta definir claramente os procedimentos envolvidos na performance. Existe algo central no espírito da improvisação que é o oposto a objetivos determinados e contradiz a ideia de documentação, pois a improvisação cria algo novo no momento da performance, existindo exclusivamente no presente, tanto como impulso criativo quanto como experiência musical. Esta ideia contrasta com a interpretação musical tradicional, em que o objetivo é produzir uma «interpretação perfeita» das intenções do compositor. Na improvisação, a performance é impermanente, focando-se na «existência concreta» de cada momento. Cardew sugere que, ao ser desafiado pelo inesperado, o músico se transforma, ganhando uma nova identidade (Cardew, 1971).

10.5.1 Improvisação Não Idiomática

Os traços do ato performativo neste domínio só podem ser analisados indiretamente, sejam eles gravados eletronicamente ou de forma mental. A utilização de uma linguagem pré-existente faz parte de quase todas as práticas improvisadas, mas não confirma a atividade real de uma improvisação total e livre. Esta pode ser analisada através da quantidade de improvisação envolvida, relativamente ao trabalho pré-concebido. Segundo Cornelius Cardew, este tipo de validade desaparece quando a improvisação não tem limites formais.

Um termo usado neste contexto é «*nonidiomatic improvisation*», cunhado por Derek Bailey, destacando o termo «*free*» como a maneira de abranger potencialmente linguagens «idiomáticas» e também «não idiomáticas». No ponto *Free* do seu livro *Improvisation, its Nature and Practice in Music* (1992), Bailey descreve que o caráter da improvisação livre é estabelecido pela identidade sonora e musical da pessoa ou pessoas que a tocam, sem compromisso estilístico ou idiomático e não possui som idiomático prescrito. Este conceito abrange não só músicos em particular, mas também grupos. Em 1965, o grupo inglês AMM abordou uma forma pura de improvisação que operava sem qualquer sistema formal ou limitação, onde a sua música admitia todos os sons. Esta abertura total aos sons implica o afastamento das estruturas tradicionais para uma informalidade, e desloca o som informal a um nível emocional que a música formal não tem. O contexto em que o AMM atua é totalmente experimental explorativa na busca de sons e as respostas que lhes estão associadas. Em vez de uma pré-reflexão, prepara-se e age-se como uma síntese humana. A busca é realizada no meio sonoro e o próprio músico está no centro da experiência (Cardew, 1971).

Na prática, os modelos de composição-interpretação e improvisação revelaram-se interdependentes. Tanto compositores como músicos improvisam, assim como os improvisadores utilizam estruturas composicionais. No caso do compositor/improvisador

Richard Barrett, a sua posição relativamente à composição-improvisação é tida como um método de criação musical caracterizado por ações e reações espontâneas. Segundo o próprio, trata-se de uma "criação em que o próprio quadro ou modelo é trazido à existência no momento da performance" (Barrett, 2017, p. 27). Barrett usa o termo «*free improvisation*» para descrever um método de criação musical onde a estrutura ou modelo é trazido à existência no momento da performance, em vez de ser um modelo pré-existente. Esta forma de trabalho permite que a forma seja desenvolvida principalmente a partir de ações e reações espontâneas individuais e coletivas.

Este tipo de abordagem, que envolve a possibilidade de improvisar com estrutura e expressão musical, está ligado diretamente às ideias de John Cage. Ele sugere que qualquer som pode ser combinado com qualquer outro som num contexto musical. Qualquer som pode ser um som musical, dependendo de como é ouvido. Dessa forma, não seria necessário criar ou usar uma estrutura antes de fazer a música (Barrett, 2017). Na prática, muitas obras compostas apresentam uma estrutura discernível que incorpora vários momentos de improvisação. Estas obras podem ser compreendidas como segmentos estruturados através da síntese e de uma estética improvisacional aplicada aos instrumentos.

Derek Bailey sugere que a improvisação livre envolve várias perspetivas. Algumas opiniões afirmam que requer um profundo conhecimento histórico da improvisação, enquanto outras defendem que se recomeça a cada vez que se toca. Algumas posições consideram necessário o desenvolvimento de uma técnica instrumental virtuosa, enquanto outras afirmam que a improvisação não requer qualquer técnica instrumental. Bailey destaca que a estrutura musical é criada pela confluência das imaginações dos participantes. Embora certas opiniões afirmem que isso é um disparate e que não existe estrutura alguma, todas essas posições podem ser verdadeiras simultaneamente. Este pluralismo reflete o caráter criativo da improvisação e a sua capacidade de abraçar contradições.

A manutenção da estrutura como parte crucial da composição foi uma das formas de John Cage integrar a música improvisada na prática composicional. Sabine Feiss (2009) observa que as ideias de Cage sobre improvisação são mutáveis, iniciando-se na década de 1930 com uma abordagem em que a improvisação era entendida como um método composicional. Esta exploração inicia-se com o piano em 1935, utilizando objetos mecânicos e anulando a partitura. Cage concretizou assim composições baseadas em improvisação, como *Quest* (1935), uma peça de dança de Martha Deane, que amplificava sons "pequenos" de um piano. Na década de 1940, Cage criou obras para piano preparado, utilizando uma estrutura temporal «macro-microcómica». Estas práticas mostram que Cage estava a refletir sobre as possibilidades de improvisação, abrangendo os aspetos de material, estrutura, método e forma.

10.5.2 Virtudes e desenvolvimento

Este contexto estilístico de improvisação é direcionado a processos composicionais e interpretativos no momento. Contudo, esta definição é estritamente teórica e não fornece respostas satisfatórias sobre como funciona na prática. No ato de improvisar, surgem certos aspetos particulares sobre quais os atos criativos que contêm uma improvisação. Se uma obra é improvisada e depois revista, questiona-se se é, de facto, uma improvisação ou uma gravação de uma improvisação. Esta dualidade é destacada na crítica de Cornelius Cardew, que aponta que não estamos diante de uma «improvisação», mas sim de um artefacto passado de uma ação que cruza uma fronteira importante: a referência ao ato de criação espontânea, e não às consequências desse ato.

Neste contexto, Cardew salienta sete virtudes que um músico deve desenvolver:

1. Simplicidade: o lugar mais desejável para se estar. Na simplicidade, é necessário ter em conta a memória do quão difícil foi alcançá-la. Segundo Cardew, “o que é pernicioso é não saber como se chegou ao lugar onde a contradição deixa de causar dano”.
2. Integridade: um músico profissional toca com pleno conhecimento de sons externos a si. No entanto, grupos como o AMM encarnam os sons que criam no momento. É um ato dirigido a ações onde “o que fazemos é o que nos diz o que temos em mente”, destacando a diferença entre «fazer o som» e «ser o som».
3. Abnegação: para criar algo construtivo, é necessário olhar além de si mesmo. A expressão individual transforma-se num registo de como nos sentimos. Não devemos nos preocupar com a constância de um modo de operação equilibrado.
4. Tolerância: para improvisar em grupo, é preciso aceitar as fragilidades dos outros músicos e também as próprias fragilidades. É necessário superar a repulsa instintiva contra tudo o que está «desafinado».
5. Preparação: na improvisação, há uma diferença entre estar ciente que algo pode ou não ocorrer e a convicção de que tal coisa irá, de facto, ocorrer. Para Cardew, essa distinção não é prática, mas emocional e sensorial.
6. Identificação: este ponto reflete o modo de como nos deixamos ser conduzidos. Cardew cita uma analogia com a natureza, onde somos levados pelas forças

da vida, semelhante a um iatista que utiliza a interação das forças naturais para conduzir o seu barco.

7. Aceitação da Morte: para Cardew, a improvisação revela-se como o modo mais elevado de atividade musical. Esta é movida pela aceitação da fraqueza, do fatalismo e da transitoriedade essencial da música. O desejo de estar sempre certo é fatal, assim como o desejo de imortalidade. A realização de qualquer ação vital aproxima-nos da morte; caso contrário, não existe vitalidade.

Cardew conclui com a observação de que a vida é uma força que é usada, mas também passível de ser esgotada, e termina com a crítica de Lieh Tzu: "A morte é a virtude em nós indo para o seu destino". Esta lista de Cardew revela a intensa relação entre a atividade da improvisação musical e as virtudes humanas. Também oferece uma perspetiva sobre como certas características podem elevar o ser humano no contexto musical, explorando a liberdade do som.

Estas virtudes aceitam o facto de não existir uma estrutura prévia nem um resultado óbvio no sentido prático. No ponto seguinte, veremos o quadro teórico e técnico que os instrumentos mediados por sensores podem trazer para este contexto performativo. Devido à sua flexibilidade, esses instrumentos são explorados tanto por artistas a solo quanto por grupos de músicos, incluindo orquestras de computadores.

No nosso caso pratico a improvisação pode ser dirigida a dois performers onde um controla o setup e o guia de forma gestual a navegação sonora. Através do nosso sistema composicional podemos ser surpreendidos pela sua forma indeterminada e assim explorar ativamente um variedade de situações sonoras no momento.

11. Design de instrumento

11.1 Períodos e Características

Paralelamente ao crescimento da música improvisada, em meados do século XX, observa-se um desenvolvimento de instrumentos e interfaces baseadas em sensores. No entanto, estas interfaces são relativamente recentes e inovadoras para os músicos em comparação com a instrumentação clássica. Nesta perspetiva, será analisada a instrumentação no que diz respeito ao uso da eletrónica. O entendimento da evolução dos instrumentos pode ser observado na pesquisa de Battier (2000) em *Electronic Music and Gesture*. Este desenvolvimento é apresentado numa ordem cronológica que caracteriza os períodos e as suas principais características. Battier (2000) divide os períodos e

características de desenvolvimento em quatro momentos, nos quais é observada a ideia de instrumento.

1. Invenção de Instrumentos Eletrónicos

Este período marca o primeiro momento em que a tecnologia elétrica é utilizada na criação de instrumentos musicais. É caracterizado pelo facto de a forma de onda ser completamente manipulada e criada por meios eletrónicos, em oposição aos instrumentos tradicionais. Um exemplo significativo é o Theremin, criado por Leon Termen em 1920, que se destaca pelo facto de o músico não necessitar de contacto físico com o instrumento. Outros exemplos incluem o Ondes Martenot e o Trautonium, que foram desenvolvidos através de tecnologias de rádio. Este período, que se estende até à década de 1940-1950, é marcado por grandes descobertas no uso da eletricidade, proporcionando uma nova paleta de sons e controlos para a prática musical.

2. Laboratórios

Neste período, a música é realizada em estúdios de rádio que utilizam equipamentos técnicos de rádio e outros aparelhos eletrónicos. Esta fase caracteriza-se pela criação de música através de máquinas e é marcada por diferentes abordagens ao redor do mundo. Em França, Pierre Schaeffer, em 1948, inicia a «música concreta», utilizando tecnologias como o gravador, a mesa de mistura e a fita magnética. Esta abordagem incluiu instrumentos dedicados, como o *Phonogène* e o *Morphophone*, criados por Jacques Poullin, que permitiam a manipulação de *loops* de fita, transposição de *pitch* e outras transformações sonoras.

Outro exemplo é o estúdio WDR, fundado em 1951 em Colonia, onde se trabalhava através da síntese sonora, filtros, mesas de mistura e geradores de onda. Os principais protagonistas incluem Karlheinz Stockhausen, Franco Evangelisti e G. M. Koenig. Também é destacado o Studio di Fonologia em Milão, em 1955, e o estúdio Columbia-Princeton nos Estados Unidos, em 1959. Nesta fase, os avanços também incluem o RCA Electronic Music Synthesizer, um sistema automatizado que utilizava cartões perfurados e mecanismos de leitura, e o Columbia-Princeton Electronic Music Studio, que permitiu a exploração musical por compositores como Milton Babbitt.

3. Sintetizadores e Estúdios em Cena

Com o desenvolvimento do transistor, surgem os sintetizadores modulares, compostos por unidades de processamento singulares que permitem a manipulação de parâmetros por controlo de voltagem. Don Buchla em 1963 e Robert Moog em 1964 lideram

este desenvolvimento, com os sintetizadores modulares Buchla e Moog. Raymond Scott também é destacado com o Electronium e o seu sequenciador, que permitia a composição instantânea de músicas.

Na Europa, Peter Zinovieff desenvolve o Synthi A, que permite o processamento de entrada de instrumentos por meio de potenciômetros e pins de conexão em matrizes. Esta abordagem, baseada na ligação de cabos para controlar funções específicas, amplia as possibilidades de expressão musical. As técnicas de conversão de sinal analógico para digital e vice-versa tornam-se essenciais nesta fase, permitindo a criação de instrumentos mais versáteis.

4. Instrumentação Computacional

Este período inicia-se com o desenvolvimento do computador entre 1957 e 1960. Embora inicialmente não fossem considerados instrumentos musicais, o trabalho de Max Mathews e Richard Moore levou à criação do sistema GROOVE (Generated Real Time Operations on Voltage Control Equipment), que permitia o controlo de sintetizadores através de gestos e controladores como joysticks. Esta abordagem híbrida, que combinava sistemas digitais e analógicos, marca o início da interatividade instrumental mediada por computadores.

O desenvolvimento de interfaces mediadas por sensores, como as propostas por Atau Tanaka (2009), destaca o carácter personalizado dos instrumentos baseados em sensores, geralmente construídos para uso pessoal e específico. Exemplo disso é o STEIM (Studio for Electro Instrumental Music) em Amesterdão, fundado em 1969, onde Michel Waisvisz criou instrumentos experimentais como o Cracklebox e The Hands (1978).

Os instrumentos, embora tenham uma longa história, adaptaram-se às mudanças de estilos e géneros musicais, e são referências para instrumentos baseados em sensores. Segundo Tanaka (2009), a prática de instrumentos tradicionais serve como referência para muitos instrumentos experimentais, pois estes integram elementos de controlo, ergonomia e interação. Esta perspetiva amplia a noção de instrumento musical, incluindo dispositivos que permitem a atuação ao vivo e a criação musical em tempo real.

11.2 Instituições e Plataformas

Contemporaneamente, a relação com o desenvolvimento e investigação de instrumentos baseados em sensores está ligada a plataformas de pesquisa como o NIME (New Interfaces for Musical Expressions), nos EUA. Desde 2001, o NIME tornou-se uma plataforma para investigadores e criadores, onde são apresentados novos instrumentos. Esta pesquisa evidencia um dos problemas dos instrumentos baseados em sensores e a

complexidade da conceção instrumental, que consiste não apenas em «hardware», «software» e mapeamento de dados.

A observação destes problemas é abordada no artigo “Design for Longevity: Ongoing Use of Instruments from NIME 2010-2014” (Morreale & McPherson, 2017), onde se analisou o lado prático do uso de instrumentos desenvolvidos por artistas. Neste estudo, a principal questão refere-se à utilização prática contínua e à quantidade de instrumentos usados mais de uma vez. Os resultados mostram que 47,1% dos instrumentos digitais apresentados no NIME, entre 2010 e 2014, não estão aptos para uso contínuo. Por outro lado, os restantes 52,9% estão prontos para uso contínuo, mas requerem uma pré-preparação que pode variar de algumas horas (31,5%) a várias semanas (20%) (Morreale & McPherson, 2017).

Com uma outra perspetiva, é importante referir o STEIM. Nesta instituição, era possível encontrar uma comunidade que incluía engenheiros e artistas, promovendo o cruzamento de conhecimentos com o objetivo de desenvolver instrumentos que não eram destinados a um estilo musical específico, mas sim à performance musical. No STEIM, a ênfase estava na «Instrumentation», um termo usado por Joel Ryan para se referir a sistemas de música, onde a instrumentação se estende a sensores, controladores, eletrónica e software de interfaces, bem como às relações de nível superior entre o intérprete e a composição (Ryan, 1991).

Neste âmbito de pesquisa, o problema reside na relação de colaboração entre artista e engenheiro. Ryan (1991) comenta que cada área tem um processo próprio de aprendizagem, o que, de certa forma, obriga o artista a expor a sua ignorância numa tradução técnica de um método científico, de modo que o engenheiro a compreenda. Este facto não se apresenta como a solução ideal para os problemas do artista. Estas relações eram muitas vezes descredibilizadas, não só por razões estéticas, mas também por questões práticas, já que a imposição de métodos por parte dos programadores raramente tinha sucesso. Isto deve-se ao facto de a programação se limitar a traduzir as ideias para a lógica da máquina, em vez de compreender o artista ou a sua intenção criativa (Ryan, 1991).

Nas observações apresentadas, além de sermos confrontados com a mínima aplicação de novos instrumentos na música, somos também expostos ao facto de que esta prática é apreendida através de campos de conhecimento distintos. Neste contexto, Ryan aponta uma possível razão, baseada na sua reflexão sobre a ligação entre a conceção artística e o domínio de técnicas de processamento de sinal digital.

É certo que o conhecimento matemático e as técnicas de processamento digital de sinais, hardware e programação de software digital são essenciais. Contudo, as metodologias de engenharia não são necessariamente as únicas a serem adotadas na elaboração de um instrumento musical. Atualmente, o tipo de processamento musical que estava disponível em

grandes instituições de computação está descentralizado e acessível tanto para compositores como para músicos. Segundo Ryan (1991), o processamento de sinais, tal como é ensinado aos engenheiros, é guiado por objetivos como linearidade, baixa distorção e ruído, bem como pela busca de «alta-fidelidade», mais do que pela própria música. Esta metodologia é útil para obter um conhecimento sólido em domínios digitais. Contudo, o problema persiste: criar uma programação que seja, de facto, um instrumento interessante (Ryan, 1991).

11.3 No tempo

Os instrumentos baseados em sensores devem manter a sua própria identidade e, ao mesmo tempo, ser flexíveis. O conceito de um sistema composto por múltiplos componentes pode ser aplicado à tecnologia digital, tornando-se uma perspetiva musical a partir da qual são abordadas questões sobre a «instrumentação» das arquiteturas de «hardware» e «software» numa performance de música computacional ao vivo. A escolha do momento em que a computação atua pode estar associada a um conjunto de possibilidades. Para alguns, a escolha do momento é uma limitação desagradável, que pode estar relacionada com a disponibilidade dos instrumentos ou até com o custo de aquisição. No entanto, a atração pelo computador é, em parte, fomentada pelas possibilidades e refinamentos infinitos no tempo diferido. Estas possibilidades incluem a precisão e a repetibilidade para desenvolver linguagens que descrevem sons da forma mais exata possível (Ryan, 1991). Para tal, é necessário ir além da mera descrição, programando cada ação de uma forma que não tem uma origem direta na música feita ao vivo. Este facto estimula a invenção de métodos alternativos que produzem níveis superiores de detalhe atribuídos a um computador. No entanto, para muitos compositores, o tempo real é simplesmente uma restrição imposta face a uma infinidade de possibilidades.

Paradoxalmente, Ryan (1991) observa que grande parte da atração pelos instrumentos eletrónicos provém da sua utilidade numa situação de performance. Ou seja, quando a eletrónica ao vivo se dirige ao uso de computadores no momento da atuação. A sua expressão “Hands On” reflete os ecos performativos de muitos artistas mencionados nos capítulos anteriores. Esta atitude é essencial, pois reflete os aspetos de fisicalidade de um instrumento e como este é apresentado ao intérprete. A relação física com um modelo computacional estimula a imaginação e permite a elaboração de um modelo através de metáforas espaciais e físicas, úteis para o desenvolvimento ou descoberta da performance. Além disso, esta atitude durante uma performance obriga a um confronto direto entre a abstração do computador e o compositor. Cada ligação entre o músico e o computador tem

de ser inventada antes de qualquer ação ser executada, como iremos observar no ponto seguinte.

11.4 HyperInstrument

Se todos os elementos de um sistema para a criação musical, ou partes dele, são alterados e generalizados para criar obras diferentes para o mesmo instrumento, podemos questionar o que é exatamente um instrumento baseado em sensores e onde termina o instrumento e começa a composição (Tanaka, 2009). O conceito de instrumentação computacional de Ryan (1991) varia desde a utilização de um controlador para articulação de um parâmetro definido até interfaces analíticas que «ouvem» musicalmente e fornecem dados para influenciar o nível de controle. Estes conceitos são aplicados numa perspectiva multidimensional em vários níveis.

O termo «hiperinstrumento», criado pelo compositor Tod Machover, indica que o músico pode navegar por diferentes hierarquias de interação, tocando macro e microformas num contexto de «*concert-time computer programming*», incluindo todos os trabalhos e divisões de produção e interpretação de uma obra musical. O mais importante é a navegação intuitiva pelo sistema e as possíveis interações (Machover, 1992).

O hiperinstrumento foi desenvolvido no contexto das necessidades de adaptabilidade do computador ao tempo real no IRCAM em 1981. A pesquisa e desenvolvimento estenderam-se até 1990, com várias fases, incluindo uma extensão do conceito ao gesto corporal entre 1989 e 1990, exemplificado pelo Bug-Mudra em 1990. O objetivo era expandir a expressão tecnológica nas artes, transcendendo os limites tradicionais da gestualidade humana, pois estes limites fazem parte dos estímulos de um processo criativo e musical. O instrumento de Machover pretendia produzir música complexa e expressiva que não estivesse diretamente associada às intenções iniciais do compositor ou do performer. A interface não padronizada visava ligar os gestos das mãos às manipulações tímbricas e dinâmicas, tornando-se parte integrante de uma performance ao vivo.

Dentro das suas especificações, foi utilizado o protocolo MIDI para interpretação e análise de dados musicais, programados na linguagem Lisp, considerando questões conceituais e as implicações no seu instrumento. Este instrumento combina os papéis tradicionais de compositor e performer, auxiliados pela máquina, através de uma expressão musical. Machover (1992) definiu três pontos fundamentais na exploração deste tipo de instrumento:

1. Fornecer ferramentas a músicos profissionais e compositores;

2. Criar instrumentos que proporcionem controlo total sobre parâmetros pouco explorados;
3. Criar uma ferramenta criativa para músicos amadores.

É importante perceber que Machover (1992) pretendia criar um conceito onde o gesto sonoro e a estrutura musical estivessem interligados num único contexto. O conceito deste tipo de instrumento reside no facto de processar os dados musicais criados numa performance através de uma série de programas que produzem um resultado musical. Este encadeamento ocorre em tempo real no domínio digital, possibilitando o uso em tempo diferido para criar os ajustes necessários. Nesse contexto, as decisões do performer tornam-se parte das intenções musicais, permitindo a navegação do nível macro até o micro. Neste instrumento, o elemento central é a entrada e a sua análise. Esta é dirigida pela programação, que pode variar de determinística a um resultado mais flexível, influenciado pelo performer e a sua expressão. Estes elementos permitem que o computador observe o que é tocado, podendo associar uma resposta a elementos predefinidos que criam e sugerem interações. Neste âmbito, criou-se uma situação de «agente» (processos), uma cadeia de passagem de informação de agente para agente, criando situações musicais que podem ir do acompanhamento até à produção de material musical.

A esse respeito, Machover (1992) inspira-se nas ideias de Marvin Minsky sobre processos cognitivos. Em *"The Society of Mind"* (1986), Minsky apresenta um protótipo de «listening system» que reconhece frases musicais. Esses elementos sonoros são analisados e associados, mas o performer pode ou não estar consciente do seu modo de atuação em certos momentos (Machover, 1992).

Atualmente, num contexto mais personalizado, os instrumentos desta natureza contêm dois protocolos. Este é um aspeto promissor, uma vez que as experiências e usos do hiperinstrumento visam a expansão para vários tipos de instrumentos e interfaces. Estes poderiam ser complementados com os dois protocolos. Outro aspeto importante é o encadeamento e a escala de exploração que este tipo de instrumento permite. Machover (1992) não garante que o conjunto de programas proporcione controlo absoluto, mas permite o desenvolvimento de níveis de interatividade através da entrada e sua análise, orientando as escolhas do computador para uma série de situações musicais.

Estas situações são flexíveis na sua forma e podem ser determinadas ou aleatórias. O mais importante é a capacidade de análise da entrada, sendo rara num instrumento, e a ligação do gesto sonoro com uma possível estrutura musical num único contexto. Esta formalização pode ser entendida através de um módulo de concatenação e processos de

micro som, encadeados entre materiais criados ao vivo e pré-gravados, controlados a diferentes escalas.

11.5 Modos Performativos

Como foi mencionado em capítulos anteriores, muitas formas de tocar num computador podem ser mediadas através de parâmetros, menus ou listas. Nesta exposição de elementos, quem toca tem de navegar por estas escolhas de forma visual e analítica. Esta observação permite concluir que as interfaces de computador são predominantemente dominadas por tecnologias «analíticas».

Para uma exploração sonora, sugere-se que o modo de pensamento aplicado à interação de humanos com computadores pode ser encontrado nos autores Andy Hunt e Ross Kirk, que propõem dois modos de pensamento performativo:

1. Modo holístico: Este modo de pensar envolve observar o objeto ou sujeito percebido como um todo, onde os detalhes são menos importantes do que o efeito geral. É um tipo de pensamento que permite a execução de várias tarefas simultâneas, onde os «fluxos de informação» e as suas relações podem ser percebidos de forma instantânea (Hunt & Kirk, 2000).
2. Modo analítico: Este modo tem como objetivo tirar conclusões, fazer comparações e produzir dados ou informações para uso futuro.

Dessa forma, a distinção entre os dois modos de pensamento é crucial para compreender a forma como as interações performativas com o computador podem ser concebidas, permitindo um equilíbrio entre a intuição e a análise na performance musical.

11.5.1 Mapeamentos e estratégias

As questões levantadas em relação às possibilidades de um instrumento digital, no que diz respeito ao seu controlo, podem ser abordadas através da estratégia de mapeamento. Neste contexto, é possível criar várias formas de produção sonora, mas também aproximar a natureza de instrumentos acústicos nos seus detalhes. As interfaces de controlo gestual envolvem, de certo modo, vários parâmetros, ritmo e treino (Wanderley, 2001). A formalização de um instrumento mediado por gestos corporais com o OSCAC1, afectando em tempo real, o CorpusPlay ou CorpusRec, leva-nos a considerar certos elementos de interação humano-

computador (HCI), conforme descrito por Marcelo Wanderley em *Gesture Control of Music* (2001):

1. Quais são os constrangimentos que existem num contexto musical relacionado com a HCI?
2. Atendendo ao facto de que os contextos interativos podem ser variados, quais são as suas diferenças face a instalações interativas, dança e interfaces?
3. Como criar um sistema para um variado número de contextos? E quais são as suas semelhanças e o seu contexto?

Estas questões são observadas no tipo de interface mediada pelo computador, onde quem opera é responsável pela produção sonora através de vários parâmetros em tempo real. Este controlo é multiparamétrico como o *CorpusMultiparametric*, e difere substancialmente de «choice-based interfaces» (Hunt & Kirk, 2000). Hunt e Kirk definem nove atributos do uso interativo de interfaces em tempo real:

1. Não existe uma ordem fixa no diálogo entre computador e performer.
2. Não existe navegação de menus; em vez disso, há um controlo contínuo.
3. O controlo é físico e requer aprendizagem até que as ações do performer sejam automáticas de forma multiparamétrica.
4. Um treino contínuo pode aumentar a capacidade de controlo e operação.
5. Uma vez familiarizado com o instrumento, o performer pode tocá-lo de forma intuitiva.
6. Existe uma resposta direta entre o movimento e o som.
7. Movimentos similares podem produzir resultados semelhantes.
8. O performer tem o controlo da situação e o computador é reativo.
9. Uma vez familiarizado com a interface, o performer pode interagir intuitivamente, ampliando as suas capacidades cognitivas para outras ações.

Esta visão aplica-se à interação de um músico com um instrumento, onde este manipula diretamente um objeto sonoro complexo e explora os aspetos sonoros e a fisicalidade. Esta relação fornece um feedback contínuo. Os atributos mencionados acima assumem um controlo em tempo real, constituído por um modo de operação. Uma das principais características deste modo é permitir que o músico explore o instrumento de forma contínua, em vez de realizar uma série de tarefas unitárias (Wanderley, 2001). Isso significa tocar de forma exploratória, onde o músico descobre como controlar um dispositivo explorando diferentes combinações de entradas de sinal e parâmetros. Trata-se de uma

exploração em que há uma resposta imediata do sistema e uma descoberta de relações ocultas através de movimentos, que podem ser aprendidos e aprimorados. Esta abordagem é bastante similar à experiência de um músico com um instrumento acústico, no qual o instrumento permanece constante e fidedigno, enquanto o foco está na melhoria de como se toca.

11.5.2 Interação e contexto

A interatividade que este tipo de conexão permite sugere que certas especificidades são dirigidas a vários contextos no âmbito da Computer Music, nos quais temos de ter em conta a associação de uma entrada de sinal a vários elementos para diferentes situações. Exemplos desta situação podem ser observados na utilização de picos de energia, que são analisados e, quando ultrapassam um determinado nível, acionam frases ou sons pré-gravados. Esta situação revela, de facto, a mistura entre compositor e performer num único contexto, simbolizando a metáfora de interação entre computador e humano.

Neste contexto, Wanderley (2001) define sete pontos referentes à conceção de aspetos interativos num instrumento controlado em tempo real:

1. Manipulação do Instrumental: Refere-se ao controlo por parte do performer ao nível da síntese em tempo real.
2. Manipulação do Instrumental no Contexto de Controlo Simbólico: Relaciona-se com métodos de sincronia musical entre o ritmo criado e a sequência produzida pelo computador.
3. Arrasto e Ativação: Refere-se a formas de navegação no contexto de HCI, podendo ser ativadas mediante a escolha de ficheiros e formas de navegação gestual.
4. Manipulação Instrumental no Contexto de Pós-Produção: Refere-se à utilização de controlo gestual em efeitos ou na espacialização sonora.
5. Interação no Contexto de Multimédia e Instalações: Direciona-se à extração de dados do ambiente para uma entrada que é mapeada para o sistema audiovisual.
6. Interação no Contexto de Dança: Relaciona-se com a criação de interfaces que ligam o corpo à música.
7. Jogos de Computador: Refere-se à manipulação do jogo através de uma entrada.

Estes pontos destacam a diversidade de contextos em que a interação e o controlo em tempo real se tornam cruciais para o desempenho musical e para a produção de conteúdos multimédia e artísticos. A interação contínua entre o performer e o sistema computacional permite novas formas de expressão musical, sendo essencial o desenvolvimento de interfaces que garantam a flexibilidade e a eficácia nas ações realizadas.

11.5.3 Gesto e Síntese

O quadro desta situação de performer digital num instrumento interativo tem como foco a interação através da entrada para criar uma forma de controlar o som em tempo real. Para tal, a estratégia de design deve ser dividida entre síntese e controlo do programa em quatro etapas:

1. Definição de tipologias de gesto.
2. Criação de gestos e programação da entrada do instrumento.
3. Mapeamento de variações de gestos para parâmetros de síntese.
4. Criação do algoritmo de síntese.

No domínio digital, considera-se que o instrumento é criado num computador e é mediado por gestos através de uma interface, com a produção de som realizada via síntese granular de ficheiros sonoros gravados. A interface gestual é associada a parâmetros de navegação no instrumento, sendo estes mapeados ao algoritmo de síntese concatenativa e aos seus parâmetros de navegação. Desta forma, cria-se uma estratégia de integração entre os dois elementos. Este aspeto é inviável de concretizar num domínio mais tradicional, pois o gesto-instrumento-produção sonora são vistos como uma unidade só. Neste contexto, o procedimento é entendido como uma divisão entre a interface gestual e o produtor de som, permitindo o uso de ambos de forma independente.

No entanto, é também necessário compreender como se desenvolvem estes gestos sonoros. Estes podem ser divididos em três pontos principais:

1. Desenvolvimento Direto: Neste caso, vários sensores analisam o performer, onde cada elemento está ligado a uma ação física, que pode incluir parâmetros como pressão, direção, ângulo e aceleração. Este tipo de desenvolvimento permite a influência de vários parâmetros simultaneamente, os quais podem incluir tanto as ações do performer quanto elementos acústicos. O processo é realizado com a utilização de sensores. No caso aqui tratado, usam-se dois

sensores: uma entrada que funciona como um microfone associado a descritores, e um acelerómetro para a entrada de navegação sonora.

2. Desenvolvimento Indireto: Refere-se aos gestos que estão separados da produção sonora do instrumento. Este tipo de desenvolvimento está relacionado com as técnicas de processamento digital, como a utilização de descritores que mapeiam as ações do performer. Trata-se do oposto do Desenvolvimento Direto e tem como objetivo criar uma relação entre o sinal capturado e o sinal analisado. O Desenvolvimento Indireto também utiliza um microfone para analisar, em tempo real, aspetos dinâmicos e espectrais.
3. Desenvolvimento Psicológico do Sinal: Relaciona-se com a captura e o uso de sinais biométricos em contextos musicais. Este desenvolvimento permite a integração de elementos psicológicos no controlo musical, o que amplia as possibilidades criativas no desempenho performativo.

Este modelo de gesto e síntese reforça a complexidade da interação entre performer e instrumento digital, ao mesmo tempo que amplia as possibilidades de expressão musical e as interações entre o gesto e a produção sonora.

11.5.4 Mapeamento Multiparamétrico

Para que um instrumento interativo se desenvolva no seu controlo, é necessário permitir ao músico o acesso simultâneo a vários parâmetros. No entanto, muitas vezes os engenheiros criam correspondências «um para um». Por exemplo, num potenciómetro, onde cada unidade controla um parâmetro de síntese. Como tal, o uso de interfaces multiparamétricas é raro em contextos musicais mais generalistas, mas é abundante nas práticas de design e desenvolvimento de interfaces e instrumentos digitais.

Estes conceitos podem ser observados de acordo com dois aspetos principais. Num primeiro caso, vários parâmetros devem ser acoplados. Num segundo caso, o instrumento deve utilizar a energia do músico. De acordo com esta dicotomia, também se pode observar como esta se subdivide no mapeamento:

1. De muitos para um: Neste modo, não existe um único controlo, mas sim uma combinação de entradas necessárias para controlar um parâmetro. Este tipo

de mapeamento permite que várias ações do performer influenciem um único parâmetro de síntese ou de controlo.

2. De um para muitos: Neste modo, uma única entrada influencia múltiplos aspetos do som, como volume, timbre, articulação, entre outros. Esta abordagem permite um controlo mais expressivo, onde uma única interação do performer afeta simultaneamente vários parâmetros de forma interdependente.

O mapeamento multiparamétrico com o Corpus Multiparametric possibilita uma maior riqueza de interação no controlo de instrumentos digitais, permitindo que o performer explore diferentes relações entre os gestos e os parâmetros sonoros. Esta abordagem é fundamental para o desenvolvimento de interfaces de expressão musical mais dinâmicas e interativas.

12. Problemas e observações futuras

Ao longo desta pesquisa, foi possível identificar vários problemas, que podem ser divididos entre contextos teóricos e experiências práticas. Num primeiro quadro, grande parte do conteúdo bibliográfico e referencial aborda uma situação que, acredita-se, está em expansão, tanto no âmbito técnico como artístico. Durante a exploração, notou-se que a aplicação dos descritores de som pode ser útil, mas talvez uma definição mais clara e uma forma de os examinar se revelem necessárias. Assim, a criação de uma ferramenta para analisar o comportamento dos descritores seria vantajosa.

Outro ponto relevante é o comentário de Tanaka sobre o facto de certos instrumentos serem desenvolvidos de forma específica para os seus utilizadores. Muitas das instituições por detrás destes esforços não garantem a continuidade ou a disponibilidade pública destes instrumentos, o que representa uma desvantagem para quem pesquisa na área. Perante este facto, foi necessário utilizar os constrangimentos como um motor de progressão da experiência, encarando-os como um método criativo na conceção do instrumento. O ideal para este cenário seria um programa dedicado que possuísse uma arquitetura diferente, mas que estivesse direcionado a um método de rede com múltiplos processos. O Ableton Live, por exemplo, com o seu modelo de pistas e clips, é adequado para esta proposta. Com experiência adicional em programação, é possível modificar o DAW de forma significativa por exemplo, obter janelas dos instrumentos de forma móvel. No entanto, nesta pesquisa, a abordagem centrou-se na eficácia sonora, criando um *routing* de *send* e *returns* para a distribuição do sinal a ser analisado.

Como acontece frequentemente em contextos de programação, surgem problemas técnicos. Em particular, os problemas associados ao comportamento «histórico» dos mapeamentos, que podem resultar em paragens inesperadas. No entanto, a linguagem de programação Max/MSP mostrou-se bastante eficaz para a criação de protótipos, especialmente ao ser cruzada com o Ableton Live. Esta combinação permitiu uma lógica de atuação semelhante à de um sintetizador modular.

Outro fator a considerar é a síntese sonora. A síntese granular mostrou-se eficaz em termos de parametrização e conceitualização, mas as possibilidades de transformação poderiam ser expandidas. Uma das hipóteses é a adoção de estratégias de ressíntese e síntese cruzada. Embora estas não estejam presentes na configuração dos módulos, podem ser implementadas por meio de outros instrumentos do Ableton Live. Seria, no entanto, mais produtivo considerar o design desta relação num contexto de redes, com ordens estocásticas ou aleatórias de navegação.

Dentro deste âmbito de exploração, acredita-se que seja possível estabelecer uma estrutura potencial para contextos de improvisação. Esta estrutura poderia ser direcionada para corpos em movimento ou para a junção de sensores com instrumentos. Contudo, a construção de sensores altamente calibrados depende de conhecimentos adicionais, que precisam de estar interligados com o pensamento sonoro. Este é um desafio significativo, pois, como Ryan comenta, exige noções de engenharia que nem sempre estão programadas a priori.

Na nossa conceção, talvez devido ao facto de o sensor não estar totalmente afinado, surgiu uma outra perspetiva: a navegação baseada na memória e na reação ao próprio material que está a ser manipulado. Ou seja, a incerteza e a irregularidade tornam-se elementos ativos que podem ser tocados e explorados criativamente. Assim, emerge uma estrutura em movimento que se completa através de constrangimentos, reações e ações, proporcionando uma dinâmica de interação não linear que contribui para a criação musical.

13. Conclusão

Chegamos ao fim da nossa viagem, que pode ser entendida como um Corpus Eletrónico. Com esta perspetiva, demonstrámos que um instrumento e a sua aplicação no contexto de música eletrónica improvisada ao vivo podem ser divididos em três situações principais. A primeira situação é o seu contexto, através das práticas composicionais, que podem ser automáticas, generativas, circulares ou até mesmo aleatórias. A segunda situação refere-se à sua forma de controlo, através de diferentes estratégias de compor sons ou métodos de análise e descrição de sons. A terceira situação é a produção de som, situada no

domínio da síntese concatenativa de sons gravados. Este encadeamento tem o som como um objeto móvel e mutável numa rede de processos, que podem ser transportados para o domínio do Live Electronics.

Observamos que estes factos decorrem dos avanços científicos e tecnológicos, que desempenharam um papel fundamental na forma como compreendemos e organizamos o som. Esses avanços expandem continuamente o domínio das práticas musicais, uma vez que a digitalização ampliou o campo composicional e performativo em múltiplos níveis e camadas. Esta expansão exigiu a criação de diferentes estratégias para fornecer controlo sobre o processo de composição e a sua performance. Com o advento da eletricidade, músicos e compositores exploraram o potencial musical e criativo das novas tecnologias, desde circuitos analógicos até sistemas digitais, criando ferramentas expressivas que podem ser consideradas instrumentos musicais.

A noção de instrumento musical assume-se como uma metáfora que define contextos criativos para a tecnologia, delineando vários cenários de inovação e um modelo de trabalho que permite aos músicos criar obras. Observamos também que os sensores e as diferentes estratégias composicionais ampliaram a noção e a própria definição de instrumento, que pode ser um hardware, software ou uma combinação de ambos, reconfigurável de acordo com o contexto. Assim, a composição pode ser incorporada num sistema, enquanto o instrumento pode executar um conjunto de obras.

A música é uma arte técnica, e tanto a eletrónica como o digital não são exceções. As mudanças de paradigma que acompanham as novas tecnologias redefinem o processo artístico, criando novas fronteiras e estimulando práticas musicais inovadoras. Esta linha de desenvolvimento dará origem a novos instrumentos e estilos musicais. Na nossa pesquisa, apresentámos diversas abordagens à prática da música eletrónica, explorando as suas definições, estratégias e métodos de modelação e mapeamento no contexto de um ecossistema musical interativo.

Demonstrámos que o termo «interativo» é expandido e aplicado através do mapeamento de entradas ou de sistemas complexos capazes de se comportar de forma autónoma, orgânica e intuitiva. Estes sistemas permitem que as estruturas composicionais sejam realizadas através da performance e improvisação. Assim, todos os aspetos da composição têm o potencial de serem obtidos por meio de um processo coerente, que é realizado através da interação. Este processo torna a performance um ato de seleção de situações potenciais, respondendo a relações em evolução, e o processo de composição distribui-se entre as decisões tomadas durante o desenvolvimento e as feitas no momento da performance.

Embora a diversidade de procedimentos e implicações estéticas conduza a uma imprecisão no delineamento de categorias musicais, esta forma de criação pode tornar-se um elemento crucial no processo composicional. A relação entre computador e compositor é caracterizada por interações criativas que não podem ser reduzidas a uma hierarquia de instrução e execução. Não há necessidade de utilizar algoritmos de inteligência artificial para abordar o papel do computador na realização de estratégias composicionais. As condições de uso do computador criam repercussões no processo composicional, que podem ir desde restrições autoimpostas até uma parceria interativa.

Demonstrámos que a descrição algorítmica revela uma diferença em relação ao processo composicional tradicional, sendo abstrata por natureza. Com o computador, compositor e músico situam-se numa posição singular, podendo interagir e refletir de forma flexível. O termo «Computer Music» pode não ter o mesmo significado que antes, uma vez que o computador está presente em quase todas as produções musicais atuais. No entanto, o seu potencial criativo permanece intacto, pois possibilita a criação de novos estilos, instrumentos e formas musicais, resultando numa colaboração ativa entre tecnologia e arte.

No meu trabalho, procurei relacionar a complexidade interna do mundo sonoro do microdomínio com a complexidade externa do momento humano e social. Esta viagem, que considero particularmente inspiradora, marca um ponto importante para explicar o que se pode chamar de música experimental. A sua relevância reside na ideia de que a improvisação livre é uma colaboração entre iguais e, portanto, um potencial modelo para uma «sociedade de iguais». Neste contexto, as contradições e os confrontos não são obstáculos ao funcionamento desta sociedade, mas sim uma fonte de energia para o seu funcionamento. Assim, podemos utilizar a improvisação como um modelo equitativo, uma forma radicalmente diferente daquela que é imposta pelas estruturas sociais e políticas em que vivemos.

É evidente que, quer estejamos a falar de improvisação ou de outros métodos de composição, o mais importante é a nossa contribuição enquanto músicos experimentais nas periferias obscuras do mundo musical. Esta posição permite a criação de obras que não estão circunscritas pelas expectativas do mundo comercial ou por qualquer outro sistema de valores, mas que exploram livremente as possibilidades musicais.

Referências Bibliográficas

- Absalon Larsen, S., & Ørsted, H. C. (1910). *The discovery of electromagnetism, made in the year 1820*. Copenhagen, Denmark: Copenhagen University Press.
- Bailey, D. (1992). *Improvisation: Its nature and practice in music*. Boston, MA: Da Capo Press.
- Barrett, R. J. (2017). *Portfolio of original compositions: Music of possibility*. The University of Leeds School of Music.
- Barron, L., & Barron, B. (1956). *Soundtrack for Forbidden Planet*. MGM Studios.
- Berg, P. (2009). Composing sound structures with rules. *Contemporary Music Review*, 28(1), 75-87.
- Berkeley, G. (2003). *A treatise concerning the principles of human knowledge* (Original work published in 1753). Project Gutenberg. <https://www.gutenberg.org/>
- Borgdorff, H. (2005). The debate on research in the arts. In *Kunst als onderzoek*. Amsterdam, Netherlands: Amsterdam School of the Arts.
- Cage, J. (1961). *Silence: Lectures and writings*. Middletown, CT: Wesleyan University Press.
- Caires, C. (2004). IRIN: Micromontage in a graphical sound editing and mixing tool. In *Proceedings of the International Computer Music Conference* (pp. 219-222). Miami, FL: International Computer Music Association.
- Canazza, S., & Avanzini, F. (2011). A music bar for active listeners: An example of virtual electronic lutherie for a history 50 years long. In *Proceedings of the XXVIII Colloquio di Informatica Musicale* (pp. 20-26). Torino, Italy: Associazione Italiana di Informatica Musicale.
- Cardew, C. (1971). Towards an ethic of improvisation. In E. Prévost (Ed.), *Cornelius Cardew: A reader* (pp. 1-20). London: Routledge.
- Chadabe, J. (1984). Interactive composing: An overview. *Computer Music Journal*, 8(1), 22-27.
- Chadabe, J. (1997). *Electric sound: The past and promise of electronic music*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Collins, N. (2003). *The practice of live algorithms*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Collins, N. (2008). The analysis of generative music programs. *Organised Sound*, 13(3), 237-248.
- Collins, N. (2010). *Introduction to computer music*. Sussex, UK: University of Sussex.
- Collins, N. (2018). Origins of algorithmic thinking in music. In R. T. Dean & A. M. McLean (Eds.), *The Oxford handbook of algorithmic music* (pp. 67-78). New York, NY: Oxford University Press.

- Constanzo, R. (2019, December 6). *Traces of fluid decomposition: Rodrigo Constanzo, 'For When The Bell Tolls'* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=spYWGa0Okzs>
- Cook, P. S. (1991). CCRMA papers on physical modeling from the 1991 International Computer Music Conference, Montreal, Canada. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Stanford, CA: CCRMA, Stanford University.
- Dahlstedt, P. (2018). Action and perception: Embodying algorithms and the extended mind. In R. T. McLean (Ed.), *The Oxford handbook of algorithmic music* (pp. 43-47). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dean, A. M. (2018). Musical algorithms as tools, languages, and partners: A perspective. In R. T. McLean (Ed.), *The Oxford handbook of algorithmic music* (pp. 1-15). New York, NY: Oxford University Press.
- Döbereiner, L. (2001). Models of constructed sound: Nonstandard synthesis as an aesthetic perspective. *Computer Music Journal*, 25(3), 28-39.
- Drummond, J. (2009). *Understanding interaction in musical performance: A study of live electronics systems*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Eco, U. (1989). *The open work*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Essl, K. (2011). Algorithmic composition. In N. Collins & J. d'Esquivan (Eds.), *The Cambridge companion to electronic music* (pp. 107-125). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Feisst, S. (2009). John Cage and improvisation: An unresolved relationship. In B. N. Gabriel & S. Solís (Eds.), *Musical improvisation: Art, education, and society* (pp. 123-145). Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Ferguson, J. R., & Michel, W. (2006). Waisvisz: No backup/hyper instruments. In S. Emmerson & L. Landy (Eds.), *Expanding the horizon of electroacoustic music analysis* (pp. 247-265). Cambridge University Press.
- Gibson, B. (2022). A teoria e a prática na música instrumental de Xenakis. In *Centro de Arte Moderna – Fundação Calouste Gulbenkian* (pp. 16-20). Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Harker, A. (2018, December 18). *Meaningless numbers? Using audio descriptors in a musical manner* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Sh7LvH39dsY>
- Hiller, L. M. (1979). *Experimental music: Composition with an electronic computer*. Westport, CT: Greenwood Press.
- Hoffman, M., & Cook, P. R. (2007). Real-time feature-based synthesis for live musical performance. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for*

- Musical Expression* (pp. 309-312). New York, NY: Department of Computer Science, Princeton University.
- Hofstadter, D. (1979). *Gödel, Escher, Bach: An eternal golden braid*. New York, NY: Basic Books.
- Hunt, A., Wanderley, M., & Kirk, R. (2000). Towards a model for instrumental mapping in expert musical interaction. In *Proceedings of the 2000 International Computer Music Conference*. Berlin, Germany: International Computer Music Association.
- Kane, B. (2014). *Sound unseen: Acousmatic sound in theory and practice*. New York, NY: Oxford University Press.
- Koenig, G. M. (1978). *Composition processes*. Aarhus, Denmark: International Project Including the International Workshop. Retrieved from <https://koenigproject.nl/download-pdfs/>
- Kuhn, R. (2024). *Is mathematics invented or discovered? Closer to the truth* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ujvS2K06dg4&t=4s>
- Lekkas, D. (1992). The rationale of ratios and the Greek experience. In C. Barlow (Ed.), *The ratio book* (p. 24). The Hague, Netherlands: Royal Conservatory The Hague.
- Machover, T. (1992). *Hyperinstruments: A progress report 1987-1991*. Cambridge, MA: MIT Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.
- McLean, A., & Dean, R. T. (2018). *The Oxford handbook of algorithmic music*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Michelle, F. (2015). *Cybersonic arts: Adventures in American new music – Gordon Mumma*. Chicago, IL: University of Illinois Press.
- Morreale, A. P. F. (2017). Design for longevity: Ongoing use of instruments from NIME 2010-14. In *Proceedings of the New Interfaces for Musical Expression (NIME)*.
- Nierhaus, G. (2009). *Algorithmic composition: Paradigms of automated music generation*. Vienna, Austria: Springer.
- Peeters, G. (2004). A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the Cuidado Project. Technical report version 1.0, Ircam – Centre Pompidou, Paris France.
- Pritchett, J. (2001). David Tudor as composer/performer in Cage's Variations II. In *The art of David Tudor: Getty Research Institute symposium*. Los Angeles, CA: Getty Research Institute.
- Puckette, M. (1991). *The theory and practice of algorithmic composition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rescher, N. (1996). *Process metaphysics: An introduction to process philosophy*. Albany, NY: State University of New York Press.

- Risset, J. C. (1988). Perception, environnement, musiques. *In Harmoniques*, 3, 183-192.
- Risset, J. C. (1994). *Sculpting sounds with computers: Music, science, technology*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Risset, J. C. (2003). Perception of musical sounds: The sound of music. *Perception*, 32(1), 1-12.
- Risset, J. C. (2004). The liberation of sound, art-science and the digital domain: Contacts with Edgar Varèse. *Contemporary Music Review*, 23(2), 35-58.
- Risset, J. C. (2014). Sound and music computing meets philosophy. In *Proceedings of the International Music Conference*, Athens, Greece (pp. 20-26). Athens, Greece: HAL Open Science.
- Roads, C. (1985). Intelligent instruments for live performance: An analysis of new performance paradigms. *Computer Music Journal*, 9(1), 36-44.
- Roads, C. (1996). *The computer music tutorial*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Roads, C. (2001). *Microsound*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Rowe, R. (1999). The aesthetics of interactive music systems. *Contemporary Music Review*, 18(1), 83-87.
- Ryan, J. (1991). Some remarks on musical instrument design at STEIM. *Contemporary Music Review*, 6(1), 3-17.
- Sanfilippo, D., & Valle, A. (2013). Feedback systems: An analytical framework. *Computer Music Journal*, 37(2), 12-27.
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux : Essai inter disciplines*. Paris, France : Seuil.
- Schnebel, D. (1964). *Karlheinz Stockhausen: Texte zur Musik 2*. Cologne, Germany: Verlag M. DuMont Schauberg.
- Schonfeld, D. T. (1972). From piano to electronics. *Music and Musicians*, 20(1), 24-26.
- Schwarz, D. (2006). Concatenative sound synthesis: The early years. *Journal of New Music Research*, 35(1), 3-22.
- Schwarz, D. (2023). Touch Interaction for Corpus-based Audio-Visual Synthesis. New Interfaces for Musical Expression (NIME), Mexico City, Mexico.
- Schwarz, K. R. (1981). Steve Reich: Music as a gradual process part II. *Perspectives of New Music*, 19(1/2), 225-286.
- Scipio, A. D. (1994). Micro-time sonic design and timbre formation. *Contemporary Music Review*, 10(2), 135-148.
- Scipio, A. D. (1995). Inseparable models of materials and of musical design in electroacoustic and computer music. *Journal of New Music Research*, 24(1), 34-50.

- Scipio, A. D. (2002). The synthesis of environmental sound textures by iterated nonlinear functions, and its ecological relevance to perceptual modeling. *Journal of New Music Research*, 31(2), 109-117.
- Scipio, A. D. (2003). 'Sound is the interface': From interactive to ecosystemic signal processing. *Organised Sound*, 8(3), 269-277.
- Scipio, A. D. (2011). Listening to yourself through the otherself: On background noise study and other works. *Organised Sound*, 16(2), 97-108.
- Scipio, A. D. (2021). Thinking liveness in performance with live electronics. In J. Impett (Ed.), *Sound work: Composition as critical technical practice* (pp. 171-194). Leuven, Belgium: Leuven University Press.
- Smith, J. O. (1992). Physical modeling using digital waveguides. *Computer Music Journal*, 16(4), 74-91.
- Solomos, M. (2005). An introduction to Horacio Vaggione's musical-theoretical thought. *Contemporary Music Review*, 24(1), 4-5.
- Solomos, M. (2006). *The granular connection (Xenakis, Vaggione, Di Scipio...)*. HAL Open Science. <https://hal.archives-ouvertes.fr/>
- Solomos, M. (2020). *From music to sound: The emergence of sound in 20th- and 21st-century music*. New York, NY: Routledge.
- Solomos, M. (2023). *Bricolage: Theory and practice*. HAL Open Science. <https://hal.archives-ouvertes.fr/>
- Stockhausen, K. (1989). Four criteria of electronic music. In K. Stockhausen & R. Maconie, *Stockhausen on music* (pp. 100-115). London: Stockhausen Verlag.
- Strawn, J. (1985). *Foundations of computer music*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sturm, B. L. (2004). MATConcat: An application for exploring concatenative sound synthesis using MATLAB. In *Proceedings of the 7th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx'04)*. Naples, Italy.
- Tanaka, A. (2009). Sensor-based musical instruments and interactive music. In R. T. Dean (Ed.), *The Oxford handbook of computer music* (Chapter 12). New York, NY: Oxford University Press.
- Truax, B. (1988). *Real-time granular synthesis with a digital signal processor*. *Computer Music Journal* 12(2):14-26
- Truax, B. (1990). *Composing with Real-Time Granular Sound*. *Perspectives of New Music*, 28(2).
- Truax, B. (2003, September). *Musica Viva conference* [Video]. <https://www.sfu.ca/~truax/LectureVCMM.mov>

- Turing, A. M. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2(42), 230-265.
- Vaggione, H. (1994). Timbre as syntax: A spectral modeling approach. *Contemporary Music Review*, 13(2), 73-83.
- Vaggione, H. (1996). Articulating microtime. *Computer Music Journal*, 20(3), 33-38.
- Vaggione, H. (2002). *Décorrélation microtemporelle, morphologies et figurations spatiales*. *Journées d'Informatique Musicale*. HAL Open Science. <https://hal.archives-ouvertes.fr/>
- Varèse, E. (1966). The liberation of sound. *Perspectives of New Music*, 5(1), 11-19.
- Waisvisz, M. (1999). Riding the sphinx: Lines about "live". *Contemporary Music Review*, 18(3), 119-126.
- Waisvisz, M. (2006). Manager or musician? In *Proceedings of the 2006 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME06)*, Paris, France.
- Wanderley, M. (2001). Gestural control of music. In *Proceedings of the International Workshop – Human Supervision and Control in Engineering and Music* (pp. 1-10). Kassel, Germany.
- Wiener, N. (1948, 1961). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Winkler, T. (1998). *Components of an interactive system*. Berlin, Germany: Springer.
- Wishart, T. (1996). *On sonic art*. UK: Harwood Academic Publishers.
- Xenakis, I. (1971). *Formalized music: Thought and mathematics in composition*. New York, NY: Pendragon Press.
- Zils, A., & Pachet, F. (2001). Musical mosaicking. In *Proceedings of the 4th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-01)*. Limerick, Ireland.

Anexos

Os anexos presentes têm como intuito, dar a conhecer quais as estratégias e elementos técnicos abordados nesta pesquisa, para a sua formalização e exploração prática. As pesquisas que percorrem desde 2023-2024 numa inicial em programas como SuperCollider e Composer Desktop Project. Esta progrediu para um outro nível com a linguagem de programação Max Msp aplicadas ao Ableton Live 12. Pretendemos assim estabelecer um quadro quanto a informação do processo e ao que se destina. Para tal iremos dar a conhecer certas possíveis combinações que podem ser feitas através de exemplos explorativos.

Anexo I. Ableton Live

Este programa permite a sua utilização em contextos de música ao vivo, assim como a integração de instrumentos programados na linguagem Max Msp. O modo de operação deste software consiste em dois modos:

1. Session View – Zona onde podemos alocar várias pistas de áudio com instrumentos ou sons pré-gravados, no qual podemos enviar estes para o canal auxiliar (Send A - Return A). Estes clipes são acionados por modos de ações⁹, que nos permite criar uma lógica algorítmica ou manual em tempo real. Estes modos são necessários para criar situações probabilísticas de material pré-gravado.

2. Arrangement View – um outro modo de visualização, que nos permite montar e editar por pistas. Tem o intuito de ser o esboço da produção do trabalho musical. Sendo uma sessão mais geral, serve-nos de um quadro mais amplo para a Micro Montagem de elementos permitindo várias camadas de sons. Este tipo de sessão é flexível, pois podemos integrar a estratégia do Session View, no entanto temos de ter em conta que este aspeto é para pudermos intervir em algo que já está escrito, dando uma outra interpretação, mantendo certos aspetos em aberto.

A diferença destes dois tipos de modos de atuação, depende da estratégia escolhida. Por um lado, a Session View é relacionada com a atuação ao vivo com uma leitura de clips

⁹ Este modo pode ser acedido através do clique no clip de áudio. Do lado esquerdo é possível programar o seu disparo de acordo com lógicas algorítmicas no menu Scene-Follow Action. Estas permitem criar sequências generativas através do ClipView. Mais informações sobre este ponto em: <https://www.ableton.com/en/manual/session-view/>.

de áudio a cenas (*scenes*), permitindo uma exploração de frases e a sua ordem. Ou seja, se pretendemos explorar o material sonoro numa situação ao vivo este modo será o mais controlável. No entanto o outro modo, pode ser usado como em tempo diferido onde macro formas e microformas são construídas, selecionadas e encadeadas em gestos sonoros. Muito do processo que foi explorado deriva da exploração das possibilidades destes dois modos de utilização. Num registo mais trabalhado e controlado é feito na Session View, onde é fragmentado depois em vários clipes, onde é reformulado em termos de transformações que são sugeridas no momento e com a relação sonora fora do Ableton.

Anexo II. Max4Live

Neste contexto, utilizamos a linguagem de programação Max Msp, juntamente com as livrarias MuBuCataRT e SP-Tools correspondente à livraria FluCoMa. A respeito da sua utilização no Ableton, utilizamos o método M4live, que nos permitiu usar as técnicas de concatenação no programa. Para tal é necessário criar uma nova entrada e saída, originalmente conhecidas no ambiente de Max Msp como **adc~** como entrada, e **ezdac~** como saída. No Ableton Live podemos construir uma *patch*, através da seleção do Menu - Max Instrument, onde somos deparados com os objetos **plugin~** **plugout~** e **midiiin midiiout**, que serão os objetos necessários para a integração do instrumento no Ableton. Com o uso destes objetos podemos usar as patches criadas no MaxMsp e utilizá-las diretamente no Ableton.

Apêndices

Apêndice I. Instrumentos Max4Live

Neste ponto iremos descrever a exploração das ferramentas criadas. Estas e outros documentos referentes a esquemas e *patches* podem ser encontradas no repositório: <https://github.com/SamCMM1/CORPUSM4L>, e os vídeos em https://www.youtube.com/watch?v=fcYOmm6AXNo&list=PLpE_XeEKNMJMqLuda97xP70O6dmvRDL3n&index=1. Para utilizar estes módulos será preciso fazer o download, instalar o Ableton Live. Criar os módulos através Instrument,Midi Effect,Audio através da opção Max Instruments. abrir no módulo e copiar o texto todo de um dos ficheiros, e em seguida colar na patch e salvar na diretoria da versão de MaxMsp. Estes módulos podem ser caracterizados da seguinte maneira:

CorpusPlay – Este módulo é um MaxInstrument de síntese concatentiva (Figura 11), controlado por dois eixos X e Y, transformado através de síntese granular, com a possibilidade de exploração de um ficheiro de som ou uma pasta inteira. É usado para granular um ou mais sons, e é alocado como um instrumento no Session View. Foi utilizado através do aceleramento para controlo dos eixos X e Y, e os restantes parametros (Size, Spray, Vary Size, FilterCutoff e Volume) foram mapeados no controlador MIDI Nano Korg.



Figura 11 – CorpusPlay

CorpusRec - Este módulo é um MaxAudioEffect com a possibilidade de gravação de um canal de áudio, e a respetiva análise e granulação feita através do espaço bidimensional (Figura 12). Este é alocado num canal auxiliar (Return B) para poder direccionar qualquer sinal para um processo de granulação. Este módulo usa a biblioteca MuBu CataRT, baseada na *patch* Recording Modes¹⁰.



Figura 12 – CorpusRecording

¹⁰ Esta patch pode ser encontrada em MaxMsp-Extras-CatartMubu-Tutorials- Audio and Control Input.

Tem como possibilidade granular algo que esteja a ser tocado ao vivo, criando uma versão atômica da mesma. No entanto não produz granulação em tempo real quando esta a ser capturada.

Descritores - Para poder analisar qualquer sinal áudio na sessão, é utilizado um módulo (Figura 13) no Return pois este módulo é um MaxAudioEffect um modo de análise no qual é permitido mapear 4 parâmetros a qualquer parâmetro do programa Ableton Live, neste caso é direcionado a parâmetros dos instrumentos do Session View.



Figura 13 – CorpusDescriptors

Este módulo é uma junção de dois tipos de análise baseado na biblioteca Flucoma e o projeto SP-TOOLS¹¹. Do lado esquerdo é possível associar um detetor de amplitude que pode ser enviado ao seu recetor CorpusOnset Recive que é um MaxMidiEffect que aciona um sampler através de Gates ou Triggers. Por exemplo podemos usar este detetor de amplitude para acionar um sintetizador externo¹² entrando numa semi sincronia de reações face a gestos com picos de amplitude criados através de tudo o que é enviado e analisado pelo Return A.

CorpusMultiparameric – Este módulo é um MaxMidiEffect tem como intenção controlar 4 parâmetros através de funções que podem ser desenhadas através de pontos e linhas (Figura 14). Assim é possível obter um gesto complexo que pode ser mapeado a qualquer parâmetro do Ableton Live. E pode ser associada a controladores MIDI ou OSC. A sua forma de mapeamento é baseada numa *patch* nativa do software Ableton Live chamada

¹¹ Este módulo é baseado na fusão de dois objetos criados com a biblioteca Flucoma. No diz respeito à análise de descritores é fundada no objeto spdescriptorsrt~ e no objeto sponset~ com a livreria SP-TOOLS de Rodrigo Constanzo, em: <https://github.com/rconstanzo/SP-tools>.

¹² Neste contexto foi usado um sintetizador modular, que permite a entrada de sinais externos e a sua manipulação. Este acionamento é feito através de um sinal de áudio criado pelo computador e enviado para a entrada do instrumento. Este sinal de acionamento deve ser um pico de 0volts-10Volts para servir de Trigger, Gate ou Clock (ver pag.9 *Shared System: Black and Gold Plus Manual Make Noise V1.11*, Signals). Esta ligação entre o Corpus Onset e o sintetizador modular podem ser observadas no manual do módulo Maths (ver pag.19 *Peak Detector, Maths Make Noise Manual*) criando assim uma sincronia entre o externo e o sintetizador. É claro que existem módulos que atuam como interfaces de MIDI para CV (Controlo Voltagem) para criem essa comunicação, por exemplo o módulo *Expert Sleepers ES9*.

Abl.Map.maxpat¹³, esta permite criar associações com qualquer parâmetro no programa Abelton Live e foi usada como forma de mapeamento de um para muitos ou de muitos para um.

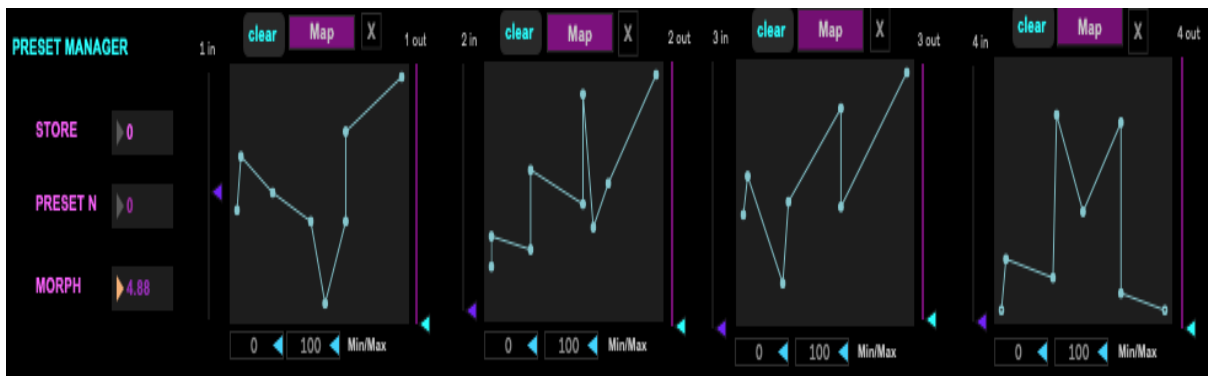


Figura 14 – CorpusMultiparametric

Por exemplo, a utilização desta ferramenta pode ser usada como uma exploração de múltiplas modelações mapeadas a um som que passa por uma sequência de efeitos, que é controlada pelo Corpus Descriptors no Return A. O que é interessante nesta ferramenta é que ela é passível de ser associada a outras ou ser influenciada com o envio através dos Sends para o Return A.

E neste aspeto podemos criar uma zona de fragilidade relativa à mapeação da mapeação. Este aspeto produz uma relação de influência sobre o que se produz e o que está a ser analisado, que por sua vez é diretamente associado com se fosse uma circularidade de influência de sons com sons. Contem 8 estados programáveis (Presets) através da janela de função¹⁴, que pode ser mapeada em 4 momentos diferentes. Neste contexto tem também uma forma de interpolar os valores de cada estado no parâmetro Morphset.

Para gravar um Preset basta criar nas 4 funções as trajetórias desejadas e o seu respetivo mapeamento. Em seguida dar o número do Preset em Store. Fazer o mesmo até 8 vezes. Assim temos 8 momentos diferentes em 4 funções que para se interpolarem usa-se o Morphset que vai 0.0 a 8.0 valores. Após a finalização da sessão, irá aparecer um ficheiro morphpreset.json, que contem a informação do Preset criado.

¹³ Mais informações desta patch podem ser encontradas nas pastas de instalação do Abelton Live associadas à aos Max for Live Devices. Este modo de mapeamento é uma função nativa de objectos como LFO, Envelop Follower, OSC entre outros que foi reutilizada para criar os mapeamentos dos módulos.

¹⁴ As coordenadas de mapeamento são escritas no objeto function. Este normalmente serve para criamos funções de tempo em envelopes. Podemos gravar as funções através do objeto pattr, que esta alocado tanto as janelas de funções como aos destinos de mapeamento.

OSAC1 - Ambos os Corpus Play e Rec podem ser utilizados na sua navegação nos eixos X e Y com a interface OSAC1 (Figura 15). Um acelerómetro que envia mensagens OSC para o Corpus Rec ou Play. Os eixos serão ativados assim que se estabeleça a comunicação via internet.

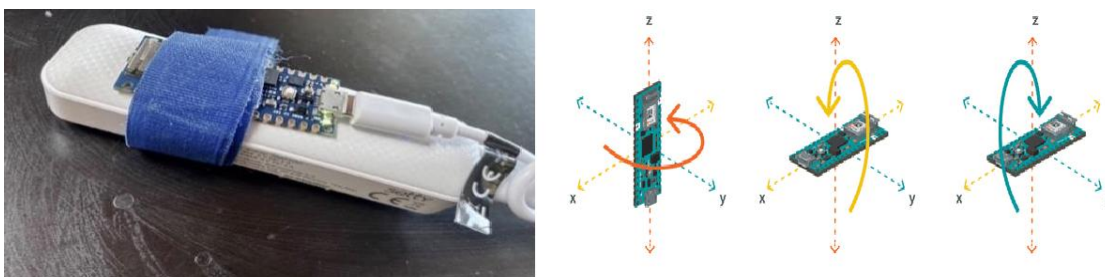


Figura 15 – OSAC1 interface com Arduino

Esta função pode também ser executada através de qualquer aplicação, como por exemplo TouchOSC¹⁵ entre outras que permitam a saída de informação de um acelerómetro via internet. Esta interface é um protótipo e naturalmente precisa de ser melhorado. Este sistema de envio de dados requer que as mensagens tenham um endereço e uma porta. No caso de uma interface personalizada o Arduino IoT tem essa possibilidade de origem devido ao seu sensor WiFi e o seu endereço será imu/x assim como restantes eixos. Note-se que esta exposição experimental, tem como intuito criar um *setup* de componentes que se influenciam e comunicam entre si. Este agrupamento de instrumentos permite tanto a organização de material ao vivo como a transformação do mesmo. Este aspeto é nos útil uma vez que podemos tanto moldar o material pré-gravado, tanto em organização como transformação, mas também como uma síntese humana. Esta diz respeito a atuação por parte do utilizador, ou seja, este tem de ser ativo na manipulação do setup para ele se desdobrar num resultado sonoro.

¹⁵ Esta aplicação pode ser instalada através de: <https://hexler.net/touchosc#get>. Para usar em ambos os Corpus Rec e Play, é necessário mudar a porta para outro número, por ex: Corpusplay port 9999, CorpusRec port 9991. Exemplos da sua utilização podem ser vistos em: <https://youtu.be/KBw589Bq3zA>

Apêndice II. Instrumentos exteriores

A utilização deste Setup (Figura 16) tem como possibilidade a existência de várias entradas que podem ser conectadas a uma interface de áudio. Esta possibilidade permite a conjugação do computador com instrumentos exteriores. Numa primeira abordagem como instrumento foi usado uma compilação de módulos Eurorack¹⁶, e influenciado através da sua entrada pelos áudios do computador que são depois associados a uma patch que consiste na detecção de mudanças dinâmicas associadas a outros domínios. No entanto, a possibilidade do setup, pode ser tanto um músico que controla um sintetizador e o computador, ou pode ser o mesmo adicionando um músico ou um performer com uma atitude física. Esta observação diz respeito a utilização do acelerómetro. Este pode ser acoplado num instrumento, ou num corpo, criando uma relação a 2.

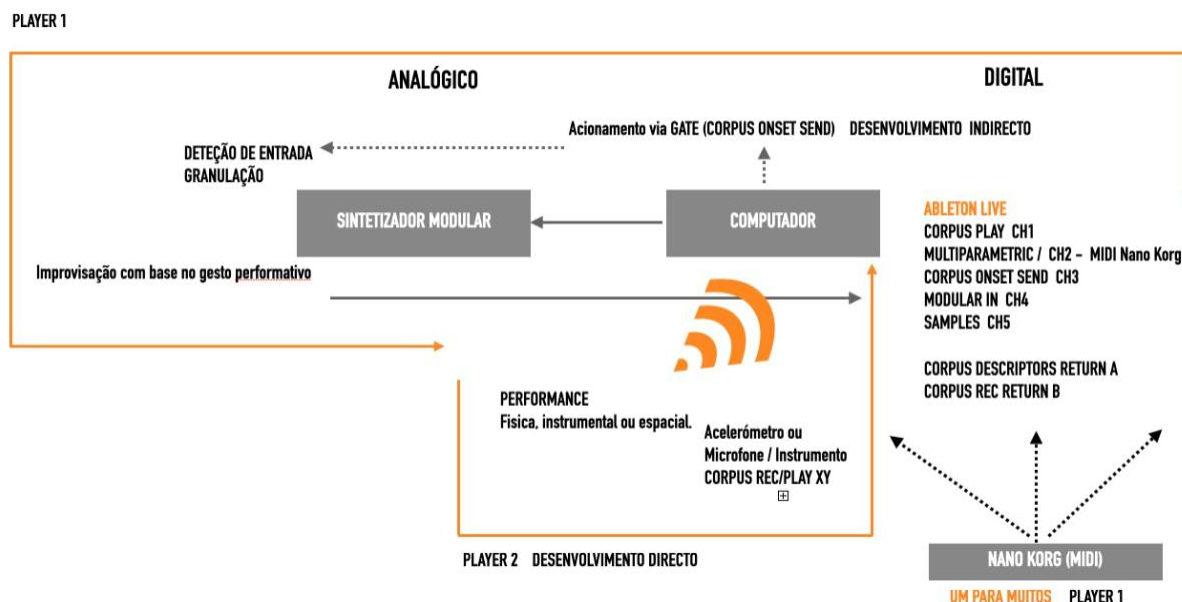


Figura 16 – Esquema de circularidade e interação

A) Performance Física

Numa instância inicial foi pesquisada a síntese granular com sons gravados, controlada através de um acelerómetro, via wifi com a comunicação OSC, para o programa SuperCollider. Este contém uma programação capaz de granular um som gravado que passa por vários processos cruzados, granulação e transformação espectral de um som para outro.

¹⁶ Formato de módulos criados em 1995 pela Doepfer Musikelektronik, que contém componentes analógicos e digitais como microprocessadores com entradas de jack mono 3.5mm, que permite conectar através de cabos vários tipos de sinal a vários módulos. É o formato desenvolvido no ano 2000 através de empresas pioneiras como Doepfer, MakeNoise, TipTop, Cwejman entre outros.

Num primeiro momento (GACCAB) a granulação é controlada através do OSAC1. Num segundo¹⁷ (ACCSEPC) o controlo da granulação mantém-se igual, e soma-se o TrackPad X Y do computador como forma de controlo da transformação espectral cruzando um processo com o outro. Esta exploração foi a que deu início ao nível de transformação conseguida com o método granular controlado através de uma expressão gestual, performatizando o algoritmo em termos viscerais como uma simbiose de timbres e gestos. Esta formalização foi a que nos fez dirigir a outros tipos de processos com mais sons como nos exemplos a seguir de síntese por concatenação e a integração da interface acelerómetro e o resto do *setup*.

B) Sintetizador Modular

Um sintetizador composto por vários módulos, neste caso grande parte dos módulos pertencem a um instrumento em particular chamado SharedSystem da Make Noise. Um sistema desenhado com um conjunto de módulos, os quais têm a particularidade de terem tanto saídas como entradas de controlo de áudio e controlo de voltagem. A compilação deste sistema que usamos, dirige-se a um instrumento baseado tanto em Micro Som como música eletrónica e concreta (ver imagem github Corpus Modular Patch). A fonte de som deste instrumento é o módulo Morphagene SoundHack¹⁸, que permite a gravação de grupos de sons em pedaços específicos (reels) e corte (slipce). Este aspeto permite trabalhar material sonoro em tempo diferido e alocar este num mini SDcard que depois é usado como uma sequência de gravações de sons para serem granulados em tempo real. Este módulo é controlado através do Pressure Points¹⁹, um módulo que é influenciado pela indução elétrica do corpo produzindo a quantidade de controlo de voltagem proporcional á quantidade de pele em contacto. Este aspeto produz um controlo com nunces de fortes e suaves nos parâmetros tamanho do grão (Gene Size) e posição (Slide) no Morphagene. As restantes saídas do

¹⁷ Embora este processo não venha discutido, nesta pesquisa propomos a junção deste método com a granulação para criar mais variedade tímbrica, para poder ser alocada a descritores de áudio e a analisadores dinâmicos, o que permite uma extensão de mapeamento tímbrico e a sua relação com os restantes processos. Exemplos desta exploração ACCSEPC em: <https://youtu.be/fcYOmm6AXNo> e GACCAB em: <https://youtu.be/C7DghTGiR7Q>.

¹⁸ Informações sobre este Módulo em termos de operação desde dos métodos de edição e montagem e modos de acionamento pode ser consultada em :<https://www.makenoisemusic.com/modules/morphagene/>.

¹⁹ Este método de controlo está descontinuado. Informações sobre este Módulo em termos de operação pode ser consultada em: <https://www.makenoisemusic.com/modules/pressure-points/>

Pressure Points são reservadas a Size e Tilt no Erbe Vervb²⁰ e Fall²¹ no Maths²². Assim conseguimos ter uma forma expressiva de controlo do tamanho do grão e a percorrer este pelo som num pedaço específico. O acionamento do Morphagene pode ser feito de 2 maneiras, uma com Pressure Points através da sua saída de Gate, tornado o independente, ou através do sinal analisado pelo Descriptors Onset Detection, que cria um sinal de áudio suficientemente curto e alto para dentro do sistema modular. Assim através do Maths é possível ligar este sinal na sua entrada de áudio, criar uma forma de deteção que quando passa acima de um certo nível cria um sinal de Gate que ativa o Morphagene. Esta exploração permite, utilizar os princípios de um processo de montagem através da estratégia descrita na obra Scambi (1957) de Henry Posseur, ou até pode ser usada para criar sinais através de controlo de voltagem que podem produzir modelações complexas quando são associadas à granulação do CorpusPlay controladas pelo OSAC1.

Assim podemos manobrar e tocar material sonoro concretizado com os contornos similares a gestos de material pré-gravados ou influenciar o seu áudio direto. Conseguimos assim criar uma relação expressiva de controlos subjugados e relacionados uns com os outros, nos quais podemos não só guiar como tocar. Este método permite acionar o instrumento externo através de uma entrada. Esta é o que desencadeia a programação no sintetizador modular, feita através do módulo Maths, que permite a criação de um tipo de deteção baseada em amplitude. Outro módulo que pode ser adicionado a este conjunto, um deles é WoggleBug²³ usado como um módulo de produção de sinais aleatórios, mas controláveis, que podem ser associados a outras entradas, que é acionado pelo mesmo Gate de amplitude e associado à variação de sons no parâmetro Splices no Morphagene. E por fim um filtro, neste caso um dois série com o módulo Bionic Lester MK2²⁴ controlado dinamicamente pela amplitude da saída CVout²⁵ do Morphagene, e o módulo de espacialização Erbe Verb.

²⁰ Módulo de espacialização criado pela SoundHack de Tom Erbe e Make Noise. É utilizado como módulo final como efeito de modelação tímbrica, e permite uma oscilação com sigo mesmo. Criando um processo de Feedback que pode ser esculpido e condicionado através do Cvout – In Decay potenciômetro de Cv em contrarrelógio.

²¹ Esta programação permite sair da sincronia criada pelo CorpusOnset Receive. Este parâmetro está acumulado através de um multi cabo, ou seja (Size + Fall). Criando um Fall maior, o dá um som mais perlongado para uma operação manual e mais independente, tanto em posição, tamanho e modelação de efeitos.

²² Este módulo é o que nos permite criar uma análise do impulso do (CorpusOnsetReceive-Return C- Sintetizador). No canal 1 é possível extrair 2 tipo de sinal de acordo 2 parâmetros Rise e Fall. Os sinais serão a voltagem criada pelo sinal, e um Gate. Ambos servem para acionar (Gate) e o controlo da dinâmica do Morphagene. Mais informações sobre este módulo em: <https://www.makenoisemusic.com/modules/maths/>

²³ Este módulo foi usado para criar variações nos Reels do Morphagene a cada gate que recebe do módulo Maths, que analisa o sinal de entrada. Assim como serve para Sample and Hold, para fixar um valor aleatório, neste caso um Reel no Morphagene. Deste modo podemos fixar um som específico para manipular com o Pressure Points. Mais informações sobre este módulo <https://www.makenoisemusic.com/modules/wogglebug/>.

²⁴ Este módulo contém 2 filtros com vários modos de filtragem. No filtro A é modelado na sua entrada os vários modos de filtragem. No filtro B é modelado a sua abertura positiva do Cutoff. Mais informações sobre este módulo em: <http://www.industrialmusicelectronics.com/products/23>.

²⁵ Esta variação de amplitude diz respeito ao conteúdo modelado no Morphagene.

Módulo	Função	Ligação
Maths	Controlo de entrada	Threshold dinâmico Ch.1. Acionamento da patch.
Wooglebug	Random	Variação aleatória sincronizada com o sinal de entrada para a organização de sons (Organize)
Pressure Points	Controlo Manual	Controlo expressivo da granulação em tamanho (Gene) e posição (Slide). Controlo do tempo de decaimento (Fall), tamanho do Erbe-Verb (size) e brilho (Tilt)
Morphagene	Síntese Granular	Granulação de sons gravados. Amplitude de dinâmica controlada por dinâmica de saída do Maths. Saída de amplitude CVout para Bus- Filter1 Mode, Filter2 Cutoff.
Bionic Lester Mk2	Filtro duplo em série	Filtragem de sinal.
Erbe-Verb	Reverbação	Mudança de tamanhos e tipos de reverberação com Size. Acentuação no brilho com Tilt.
CV Bus	Distribuição de sinais	Distribuição de sinais EOR Gate/ CV (Maths Ch 1) - BUS 1 CVout (Morphagene) - BUS 4

Tabela 3 – Funções e ligações no Sistema Modular

Processos

Com o Ableton Live, juntamente com as possibilidades de gravação e edição, podemos esculpir o som e a música em tempo diferido. Como tal muito do material sonoro é feito através de transformações e reformulações. Este é possível de ser montado, no entanto é importante lembrar que se usamos os métodos de Micro som podemos estar suscetíveis a navegação de várias escalas, portanto será sempre um jogo entre o que pretendemos criar como elementos fixos na micro montagem, e elementos que são performatizados. Para tal criamos vários processos de produção de material.

Impulsos

Numa fase inicial da nossa pesquisa criamos um código em SuperCollider, no qual exploramos aspetos de granulação tanto no Módulo Morphagene como no código²⁶. Para além do tipo de processamento, exploramos também o modo de ativação do módulo.

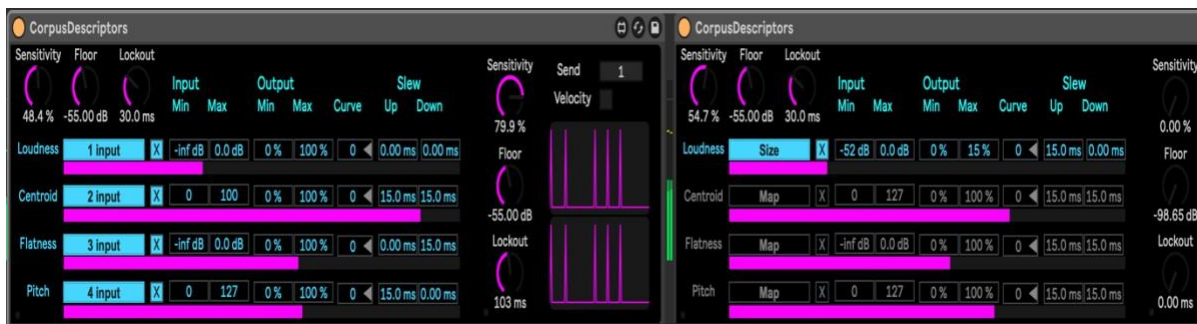


Figura 17 – Mapeamento do CorpusDescriptors

Esta foi feita através do uso do Track Pad com o objeto MouseXY. Ou seja, a mudança de direções criava mais ou menos impulsos, estes direcionados para a saída e analisados no sistema modular. Com o avançar da nossa pesquisa, instauramos toda esta conceção numa sessão²⁷ do Ableton Live. Nesta sessão exploratória, associamos o parâmetro Size do CorpusPlay ou Rec ao Corpus Descriptors – Loudness (Figura 17), este envia também a sua informação do Send A para o Return A. Usar este método de mapiacção permitiu um controlo da dinâmica não só em termos de volume, mas também tamanho. Este aspeto faz com que os sons enviados para o Return A sejam analisados através do Onsetsend (lado direito Figura 17) e recebidos Corpus Onset Receive (Figura 18) acionem o sintetizador, e ao mesmo tempo este envia também informação para o Send A.

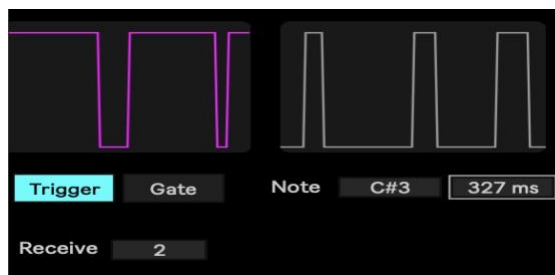


Figura 18 – Módulo OnsetReceive 2

²⁶ Um exemplo desta exploração preliminar face ao uso de amplitude para desencadear situações interativas pode ser visto em: https://youtu.be/JFwQRU_K4zU.

²⁷ Esta sessão está alocada numa pasta CorpusSession no repositório Github. É uma sessão já montada com as ligações exploradas e os instrumentos. Também é possível consultar o esquema de ligações na mesma pasta na imagem Esquema_DAW_Modular.

Os módulos de produção de som, os sons em clipes e o sintetizador modular são influenciados pelas dinâmicas de amplitude de cada um. É claro que a mudança tímbrica com os parâmetros de filtragem e variação de tamanho do grão dão origem a modelações diferentes. Muita desta experiência parece criar uma situação de camadas que por vezes se unem e outras têm um certo desvio. No entanto se certas nuances dinâmicas forem controladas e os sons bem relacionados, podemos ter uniões certamente muito ricas. Contudo também podemos cair numa total sobreposição de elementos. A este respeito talvez a escolha de sons acionados tenha de ser mais pequena, e sem dúvida que o controlo manual pode ser sempre usado. Por exemplo se não queremos o som em cena, podemos sempre baixar o fader no Nano Korg. Ou seja, de certo modo temos de agir para que ele nos responda, e “navegar” com a relação algorítmica. Esta navegação no modo Spinix como Michele Waisvisz²⁸ refere. Podemos descrever este processo nestes momentos em:

- Criação de sons com as ferramentas de granulação. Editar e criar relações entre camadas ou sons singulares. Estes podem ser relacionados com o CopusDescriptors, ou gravados e granulados numa segunda etapa pelo CorpusRec.

- Catalogar e associar a diferentes formas de acionar gravações através do ClipView, pode ser manual com acionamento de clipes ou aleatória com o follow action.

- Associar estes ao Descriptors através do Send, mapear parâmetros de outras ferramentas para observar o resultado sonoro e as possíveis expressões. Direcionar os descritores X Y dos CorpusPlay ou Rec, de acordo gestos sonoros e possíveis transformações.

- Relacionar interação que pode ser feita através do envio do sintetizador modular para o Return A. Iniciar a Improvisação com o instrumento externo com este material, com o Nano Korg e o instrumento externo.

- Seguir as possíveis zonas sonoras de ligação com a gestualidade.

Esta pesquisa destaca pontos importantes que incentivam a discussão sobre improvisação eletroacústica utilizando novos instrumentos e técnicas. A estratégia seguida

²⁸ A descrição do que pode ser a Sphinx no momento musical vem descrito por Ferguson em Michel Waisvisz No Backup (2004) and Hyper Instruments (1999, p. 258) “Then, rather than (metaphorically) ‘riding the Sphinx’, he appears to ‘tweak’ its tail or otherwise provide a stimulus that holds its attention in a non-combative manner; this seems a more domestic ‘cat and mouse’ antagonism than an imagined ‘life or death’ scenario.”

pode ser em muitos aspectos diferente das formas mais clássicas. As estruturas dinâmicas e os processos abertos que caracterizam os meios digitais não são inteiramente compatíveis com a ideia tradicional da música como um intérprete que executa uma composição.

A este respeito vejo que a improvisação desafia a junção entre performance e composição, mas também oferece uma forma única de participação que enfatiza o processo em prol do resultado final. Como resultado final está mais alinhado com características interativas das novas tecnologias. Assim como Waisvisz (1999), que dá primazia à performance ao vivo em vez da gravação em estúdio. Na sua opinião precisamos retornar ao palco para escutar, refletir e tocar onde a música é performatizada.

Por isso, as abordagens performáticas e as ecologias instrumentais que decidi explorar nesta pesquisa, têm da mesma forma um papel tão essencial quanto as fundações da música resultante. No que diz respeito à improvisação com instrumentos e tecnologias, considero que o seu uso deve enfatizar tanto as interações na criação musical e as suas ferramentas quanto a documentação dessas práticas.

Deste modo conseguimos uma situação conjunta da música como prática, que é adicionada à improvisação livre através dos nossos instrumentos. No entanto, a relação entre liberdades e tradições é complicada, em termos da perspectiva do músico sobre o que é e pode ser um novo instrumento. Penso que alguns músicos optam por criar instrumentos que usam a tecnologia para libertar a expressão musical através de abordagens alternativas na criação musical com a intenção de ser participativa ou interativa.

Glossário

Buffer – Área de memória temporária usada para armazenar dados ou sons, geralmente no contexto da programação ou processamento de áudio.

DAW (Digital Audio Workstation) – Software dedicado à produção musical, permitindo gravação, edição, mistura e masterização de áudio.

Flutter – Efeito de distorção sonora causado por variações rápidas na velocidade de reprodução ou gravação, típico de sistemas de fita magnética.

GRM – Acrônimo de *Groupe de Recherche de Musique Concrète*, instituição dedicada à pesquisa e produção de música concreta.

LFO (Low Frequency Oscillator) – Oscilador de baixa frequência (inferior a 20 Hz) usado para modulações aplicadas a outros parâmetros de som, como filtros, amplitude e pitch.

OSC (Open Sound Control) – Protocolo de comunicação de dados e linguagem utilizado para estabelecer a comunicação entre interfaces e software, geralmente via Wi-Fi.

Pitch – Parâmetro musical que define a altura do som (grave ou agudo), determinado pela frequência (em Hz); frequências mais altas resultam em sons mais agudos e frequências mais baixas em sons mais graves.

Receive – Processo de recepção de sinal ou informação num sistema de comunicação ou áudio.

Routing – Configuração das ligações e fluxo de sinal entre componentes de um sistema de áudio ou de comunicação.

Sample – Unidade de amostragem digital de um sinal de áudio, representada por valores numéricos que descrevem a forma de onda num determinado instante de tempo.

Sampling – Técnica de gravação de material sonoro, que permite capturar áudio para posterior processamento, manipulação ou reutilização

Send – Processo de envio de um sinal ou informação de um ponto para outro num sistema de áudio ou de comunicação.

Setup – Conjunto de equipamentos e dispositivos configurados para uma atuação ou sessão de produção musical.

Tape – Fita magnética usada para gravação e reprodução de áudio, frequentemente associada a processos e estéticas de áudio analógico.

WDR – Acrónimo de *Westdeutscher Rundfunk*, uma emissora de rádio e televisão sediada em Colónia, Alemanha, conhecida pelo seu estúdio de produção de música eletrónica.