

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

LEANDRO PEREIRA DE SOUZA

Entre Gestos

Interações entre Música e Dança com Mediação Digital

Belo Horizonte
2018

LEANDRO PEREIRA DE SOUZA

Entre Gestos

Interações entre Música e Dança com Mediação Digital

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de doutorado

Linha de pesquisa: Sonologia
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Freire

Belo Horizonte

2018

S729e

Souza, Leandro Pereira de

Entre gestos [manuscrito]: interações entre música e dança com mediação digital. / Leandro Pereira de Souza . – 2018.

94 f., enc.; il.

Orientador: Sérgio Freire Garcia.

Linha de pesquisa: Sonologia.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

Inclui bibliografia.

1. Música - Teses. 2. Gestos na música. 3. Música e tecnologia. 4. Dança. I. Freire, Sérgio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. Título.

CDD: 789.96



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



Tese defendida pelo aluno LEANDRO PEREIRA DE SOUZA, em 06 de dezembro de 2018, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

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

Prof. Dra. Ivani Lúcia Oliveira de Santana
Universidade Federal da Bahia

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

Prof. Dr. Jalver Machado Bethônico
Universidade Federal de Minas Gerais
(Escola de Belas Artes)

Prof. Dr. Mauricio Alves Loureiro
Universidade Federal de Minas Gerais

*Dedidico essa tese aos meus pais,
baianos que tiveram uma vida de luta para eu pudesse ter a oportunidade de sonhar.*

Agradecimentos

Nesta página muito especial desta tese, gostaria de agradecer a algumas pessoas dentre as muitas que me ajudaram a realizá-la.

Em especial meu queridos pais que sempre me apoiaram. Além de me propiciarem, de um jeito especial, uma educação crítica com base na investigação "É bom ser curioso", dizia meu pai, "não acredite em tudo o que as pessoas falam" dizia minha mãe.

Ao meu orientador professor Sérgio Freire por ter acreditado no meu trabalho, pela dedicação e pelos imensuráveis aprendizados nesses seis anos de convivência.

À professora Graziela Andrade pela contribuição no estudo de caso, pela oportunidade de participação como estagiário em uma disciplina ministrada por ela e pela oportunidade de aproximação dos estudos da dança.

Ao professor Jalver Bethônico pela oportunidade de participar como estagiário em uma disciplina ministrada por ele e pela participação como avaliador dessa tese.

Aos professores Maurício Loureiro, João Pedro Oliveira e André Cavazotti pelos diversos aprendizados.

Ao meu mestre de capoeira angola, João Angoleiro, pela oportunidade de desenvolvimento de uma relação integral/holística com meu corpo, por fortalecer minhas conexões com meus ancestrais e pelos imensuráveis aprendizados.

Às dançarinas Anna Paula Santos Cunha, Flaviane Lopes, Marina Mattiello, Lina Marcela Tobón e ao dançarino Adolfo Henriquez Saa pela construção e experimentação das obras desenvolvidas nesta tese.

Aos professores Luiz Naveda, Maurício Loureiro, Jônatas Manzolli e Ivani Santana por avaliarem esta tese.

Ao meu irmão Nivaldo.

A todos colegas do CEGEME.

A todos amigos que conviveram comigo na Casa Laranja.

A todos os demais amigos e familiares.

A igreja diz: O corpo é uma culpa.
A ciência diz: O corpo é uma máquina.
A publicidade diz: O corpo é um negócio.
O corpo diz: Eu sou uma festa.
Janela sobre o corpo, Eduardo Galeano

Resumo

As recentes tecnologias são responsáveis por um número crescente de pesquisas e atividades que lidam com música e movimento, um relacionamento profundamente enraizado em toda cultura humana. Em sua trajetória, gestos podem explorar diferentes tipos de energia e se constituir como base da expressão e criação artística. Partindo da investigação do conceito de gesto em suas diferentes acepções, propomos estratégias e ferramentas para o desenvolvimento de criações musicais que exploram dança e música dentro do contexto da composição eletroacústica e performances interativas digitais. Na captura de movimentos, utilizamos sensores de posição e unidades de medição inercial. A partir desses dados, desenvolvemos uma ferramenta em Max/Msp voltada para a classificação de gestos de dançarinos com base na Análise de Movimento de Laban. A abordagem sonoro-musical está baseada na tipo-morfologia de Schaeffer e na espectromorfologia de Smalley, podendo contar com instrumentos ao vivo e gravações, e seu processamento em tempo real. São propostas diversas possibilidades de interação entre os gestos das duas modalidades, pensadas tanto em nível local quanto estrutural. Foram elaboradas peças interativas, explorando as diferentes possibilidades abertas pelas duas modalidades.

Palavras-chaves: Gesto, música interativa, música e dança interativa.

Abstract

Recent technologies are responsible for an increasing number of cultural and research activities dealing with the association between music and movement, a relationship deeply rooted in every human culture. Gestures may explore different types of energy and become the basis of expression and artistic creation. Starting from the investigation of the different meanings of the concept of gesture, we propose strategies and tools for the development of musical creations that explore dance and music within the context of electroacoustic composition and interactive digital performances. In motion capture, we used position sensors and inertial measurement units. From these data, we developed a tool in Max/Msp focused on the classification of gestures of dancers based on the Laban Movement Analysis. The sonic/musical approach is based on Schaeffer's morphology and Smalley's spectromorphology, which can rely on live instruments and recordings, and their processing in real time. Various possibilities of interaction between the gestures of the two modalities, thought at both local and structural levels, are proposed. Interactive pieces were elaborated, exploring different possibilities opened by the two modalities.

Key-words: Gesture, interactive music, music and dance interaction.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Triedro de referência	28
Figura 2 – Estruturas funcionais	31
Figura 3 – Gráfico Laban	34
Figura 4 – Fluxo de dados	40
Figura 5 – Visão Geral da Instalação	41
Figura 6 – Sense/Stage empregado na obra Blood Music	43
Figura 7 – Estrutura Conceitual em Camadas	45
Figura 8 – Articulações	50
Figura 9 – Curvas de posição, velocidade e aceleração de um gesto unidirecional simples	52
Figura 10 – BNO055 Adafruit	54
Figura 11 – UMI vestível	55
Figura 12 – UMI vestível no pulso	55
Figura 13 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto forte	58
Figura 14 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto leve	59
Figura 15 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto direto	60
Figura 16 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto indireto	61
Figura 17 – Ações Básicas do esforço: socar	61
Figura 18 – Ações Básicas do esforço: flutuar	62
Figura 19 – Ações Básicas do esforço: pontuar	62
Figura 20 – Ações Básicas do esforço: sacudir/pincelar	62
Figura 21 – Segmentação do excerto <i>strav7</i>	66
Figura 22 – Partitura da redução para piano do excerto <i>strav7</i>	67
Figura 23 – Segmentação do excerto <i>strav6b</i> e ações básicas	68
Figura 24 – Interação entre nível gestual e o nível sensorial	73
Figura 25 – Interação entre nível gestual (a)	74
Figura 26 – Interação entre nível gestual (b1)	75
Figura 27 – Interação entre nível gestual (b2)	76
Figura 28 – Gráfico obra 1G0-Seção 1	77
Figura 29 – Gráfico obra 1G0-Seção 2	78
Figura 30 – Gráfico obra 1G0-Seção 3	78
Figura 31 – Gráfico obra 1G0-Seção final	79
Figura 32 – Gráfico obra Estilhace!-Seção 1	80
Figura 33 – Gráfico obra Estilhace!-Seção 2	81
Figura 34 – Gráfico obra Estilhace!-Seção final	81
Figura 35 – Objetos Kinect	90

Figura 36 – Objetos UMI	91
Figura 37 – Visão geral do site	92
Figura 38 – Visão do site	92

Lista de tabelas

Tabela 1 – Funções Arquetípicas	31
Tabela 2 – Ações Básicas	35
Tabela 3 – peso - leve ou forte	57
Tabela 4 – espaço - indireto ou direto	58
Tabela 5 – tempo - súbito ou sustentado	58
Tabela 6 – Fator espaço	63
Tabela 7 – Fator peso	63
Tabela 8 – Fator tempo	64
Tabela 9 – Fator espaço	64
Tabela 10 – Fator peso	64
Tabela 11 – Fator Tempo	64
Tabela 12 – Excertos e pulsos	65
Tabela 13 – Excertos e pulsos	67

Lista de abreviaturas e siglas

HCI Human Computer Interaction

LMA Laban Moviment Analysis

UMI Unidade de Mediação Inercial

Sumário

	Introdução	21
1	EPISTEMOLOGIA E FERRAMENTAS CONCEITUAIS	24
1.1	Gesto	24
1.2	Gesto sonoro	27
1.3	Gesto na dança	32
1.4	Gesto no contexto das novas interfaces sonoras e instrumentos digitais	36
1.5	Interação multimodal	38
1.6	Ferramental conceitual metodológica	43
1.6.1	Estrutura conceitual em camada	43
2	FERRAMENTAS DE INTERAÇÃO	49
2.1	Nível Sensorial	49
2.1.1	Microfone e processamento de áudio	49
2.1.2	Microsoft Kinect	49
2.1.2.1	Descritores cinemáticos	51
2.1.3	Unidades de medição inercial-UMI	53
2.1.3.1	Descritores cinemáticos	55
2.2	Nível gestual	56
2.2.1	Gestos sonoros e fatores de Esforço	57
2.2.1.1	Estimando os fatores do Esforço de Laban a partir do Kinect	63
2.2.1.2	Estimando os fatores do Esforço de Laban a partir do UMI	64
2.3	Estudo de caso: improvisando trechos do ballet Petrushka	65
2.3.1	Discussão	65
3	ESTRATÉGIAS E PRÁTICAS DE COMPOSIÇÃO INTERATIVA	71
3.1	Seleção de gestos, mapeamentos, acionamentos, flexibilidade	72
3.2	Processos criativos	76
3.2.1	1G0	76
3.2.2	Estilhace!	79
	Considerações finais	82
	REFERÊNCIAS	85

	ANEXOS	89
.1	Tabela com os principais objetos desenvolvidos no software Max MSP/jitter para o sensor Kinect	90
.2	Tabela com os principais objetos desenvolvidos no software Max MSP/jitter para o sensor UMI	90
.3	Site desenvolvido para documentar os processos criativos desta tese:	92

Introdução

O relacionamento entre música e movimento está profundamente enraizado em toda a cultura humana. Observamos nas últimas décadas um significativo crescimento de pesquisas que lidam com uma perspectiva integrada, na qual se estabelece a noção de um corpo e mente como um entidade única. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de captura de movimento, sua acessibilidade crescente, e a proliferação de ferramentas de análise (processamento de sinais, estatística, aprendizado de máquina, etc.) tem dado suporte a pesquisas em diferentes áreas, tais como: no estudo da performance musical, nos contextos de novas interfaces sonoras e na interseção entre dança e música, com análises de modalidade cruzada. Tais trabalhos têm influência de um campo emergente nas ciências cognitivas e filosofia: Incorporação e Enação. Observamos também esse impulso em outras áreas: na análise do movimento em dança, na robótica e na interação entre homem e computador (HCI). Em todas essas iniciativas o conceito de gesto tem grande destaque.

Em minha trajetória acadêmica e artística tenho pesquisado processos de interação entre música e outras modalidades artísticas, associados a uma reflexão acerca das tecnologias que mediam as atividades humanas, atualmente representadas pelas tecnologias digitais. Dessa associação desenvolvi uma pesquisa teórico-prática no mestrado em música na Universidade Federal de Minas Gerais com o título “ *Conceitos e ferramentas para uma criação musical hipermidiática: o caso 5 elementos.*” Nela abordei conceitos como cibercultura, hipermídia, hipertexto, sistemas musicais interativos, micro-integração e percepção digital, relacionando-os ao processo de criação com diferentes modalidades artísticas. Com a captura de movimentos por meio de sensores e/ou câmeras digitais é possível extrair informação do movimento de um performer (ator, músico, bailarino, etc.) e utilizá-la para promover interação com outras modalidades. Porém, quando lidamos com o contexto da dança fica mais evidente a necessidade de desenvolvimento de estratégias de interação que vão além da detecção e extração de dados brutos de movimento. Assim propusemos em nossa pesquisa estratégias e ferramentas para composições interativas através dos gestos na música e dança, dentro do domínio da música eletroacústica e da performance interativa em tempo real. Adotamos a estruturação conceitual (LEMAN, 2008) em camadas como a base de toda a implementação de ferramentas interativas digitais. No nível mais elementar, utilizamos a captura de movimentos corporais. Nos níveis intermediários, a identificação e caracterização de gestos corporais em tempo real é associada a sons e texturas musicais pré-selecionadas, ou tocadas ao vivo (neste caso também são utilizadas ferramentas básicas de análise sonoro/gestual). No nível semântico localizamos as escolhas criativas: as diferentes formas de associação entre tipos gestuais corporais e sonoros, os diversos percursos estruturais de uma performance, etc.

Nossa pesquisa está localizada na interseção de três áreas: estudo dos gestos sonoros/musicais (SCHAEFFER, 1966; CHION, 1983; SMALLEY, 1986; SMALLEY, 1997; HATTEN, 2004; WISHART; EMMERSON, 1996; BACHRATÁ, 2010; BEN-TAL, 2012; STEUERNAGEL, 2015), estudo do gesto no contexto de novas interfaces sonoras e instrumentos digitais (HUNT; KIRK, 2000; WANDERLEY, 2006; DRUMMOND, 2009; RIMOOLDI; MANZOLLI, 2015), e no estudo do movimento em dança (LABAN, 1978; FERNANDES, 2006; FERNANDES, 2001; RAN et al., 2015; SCHACHER, 2010; SCHACHER, 2012; CAMURRI et al., 2000; CAMURRI; POLI; LEMAN, 2001; CAMURRI et al., 2003).

Assim, nessa pesquisa desenvolveremos um estudo teórico, computacional e criativo explorando possibilidades de interação entre música e dança através da mediação digital. O primeiro capítulo é dedicado ao gesto, discutindo suas diferentes acepções e usos. O segundo capítulo será dedicado às ferramentas de interação, tanto as já existentes quando as especialmente desenvolvidas neste projeto. O terceiro capítulo tratará de estratégias e técnicas de composição interativa, com foco na interação de gestos sonoros e da dança, além de apresentar estudos e peças decorrentes da pesquisa.

Capítulo 1

Epistemologia e ferramentas conceituais

1 Epistemologia e ferramentas conceituais

O capítulo se dedica ao conceito de gesto, explorando as diferentes acepções e usos deste termo, desde uma abordagem mais geral até aplicações específicas nos campos sonoro, musical e performático.

Como preâmbulo, gostaríamos de mencionar um estudo de Jensenius (2014) sobre o emprego do termo gesto no contexto das novas interfaces sonoras. Ele realizou um levantamento de dados sobre o uso do termo em artigos publicados no período de 2001 a 2013 na *NIME - International Conference on New Interfaces for Music Expression* – uma das mais relevantes conferências da área. Depois realizou o mesmo procedimento com os artigos das *Sound and Music Computing Conferences (SMC)*. Uma constatação interessante foi que gesto era o segundo termo mais usado nos artigos, perdendo apenas para música. O termo gesto aparecia associado com diversos outros termos, tais como movimento, termos tecnológicos e termos metafóricos. Na SMC o termo gesto foi encontrado em menor proporção (17%) comparado à NIME (62%), porém termos relacionados a movimento foram muito presentes tanto nos artigos da SMC quanto na NIME. Segundo o autor, o estudo indica que se deve ter um maior cuidado com o significado do termo gesto quando empregado e, se possível, utilizar alternativas mais precisas como, por exemplo, movimento da mão em vez de gesto quando for necessário descrever o movimento físico da mão de um pianista, por exemplo.

Gesto também é um conceito fundamental em nossa pesquisa. Na próxima seção apresentaremos uma discussão geral sobre o conceito de gesto. Na seção 1.2 apresentaremos o conceito de gesto sonoro a partir de teóricos que convergem com a nossa proposta. Seguiremos explorando o conceito de gesto na dança 1.3. Na seção 1.4 apresentaremos implicações do gesto no contexto das novas interfaces sonoras e instrumentos digitais. Na seção 1.5 apresentaremos exemplos e possibilidades de interação gestual no contexto mediado por tecnologias digitais. E na última seção deste capítulo apresentaremos algumas ferramentas metodológicas que foram empregadas nessa pesquisa

1.1 Gesto

O termo gesto é amplamente empregado em diferentes áreas de estudo, fato que demonstra a abrangência terminológica à qual essa palavra está relacionada. Assim, gesto se apresenta como um fértil campo de estudo, embora muitas vezes esse conceito possa ser empregado de forma vaga e sobre uma significação não muito clara.

Dados os diferentes contextos em que os gestos aparecem, e sua estreita

relação com o movimento e o significado, talvez seja tentado dizer que a noção de gesto é muito ampla, mal definida e talvez muito vaga (JENSENIUS; WANDERLEY, 2010, p.12, tradução nossa).

Um bom ponto de partida para a compreensão do termo gesto pode ser encontrado em Jensenius et al (2010, p.13, tradução nossa): “A noção de gesto de alguma forma turva a distinção entre movimento e significado”. Prosseguindo a discussão, os autores apresentam três pontos de vista possíveis para a compreensão do gesto: da comunicação, do controle e da metáfora. Na comunicação é abordada a relação do gesto com a fala com base no trabalho McNeill(1992) e Ekman, Friesen (1969). A contribuição desses autores são também explorados por Hatten (2004) e Iazzetta (2000). Assim o gesto seria qualquer ação corporal associada à fala, geralmente movimentos de mãos e faciais. McNeill (1992) esboça uma tipologia para esses gestos: (1) Icônicos - relacionado a objetos ou eventos concretos, como imitar bater na porta com as mãos; (2) Metafóricos – relacionado a conceitos abstratos e suas relações; (3) Dístico – relacionado a orientações, apontamentos; (4) Batidas – relacionado à descontinuidade, geralmente algum movimento que enfatiza alguma palavra falada. Hatten (2004) aponta a importância da intermodalidade reforçada por esses trabalhos, visto que o sistema conceitual da linguagem está diretamente integrado ao cruzamento de modalidades diferentes, tais como o sistema motor e os sentidos do corpo humano.

O artigo segue apresentando o gesto segundo a perspectiva do contexto da comunicação entre homem e computador, área conhecida como *Human Computer Interaction – HCI*. O gesto então denota qualquer movimento corporal observável, com potencial expressivo e passível de extração. Esta definição também se assemelha as definições e empregos do termo no escopo dos trabalhos com novos instrumentos e novas interfaces musicais interativas. Camurri et al (2001, 2003) apresentam o conceito de gesto expressivo, aplicável ao movimento em qualquer modalidade artística que seja capaz de transmitir um conteúdo expressivo. Com base nessa ideia Camurri e seus companheiros de pesquisa desenvolveram um ambiente multimídia interativo e uma metodologia, denominada estrutura conceitual em camadas, com o intuito de extrair e analisar informações de gestos expressivos de diferentes modalidades, tais como dança e música. Aproximando-se assim do conceito de intermodalidade do gesto presente no trabalho Hatten (2004). Essa característica intermodal e a metodologia apresentada por Camurri et al (2001, 2003) serão detalhadas mais adiante e também na [subseção 1.6.1](#) por contribuírem com conceitos relevantes para nossa pesquisa.

Do ponto de vista metafórico, Jensenius et al (2010) direcionam a conceituação do termo gesto apenas dentro do contexto musical, explorando unicamente um autor que busca conceituar o termo gesto de forma mais abrangente: Hatten (2004). Desse modo define gesto musical como uma possível metáfora que relaciona o movimento físico com

possíveis qualidades e/ou uma representação mental do som. Delalande (1988) também se aproxima dessa definição, apresentando três níveis para compreensão do gesto na música: (1) *Geste effecteur* – relacionado ao mecanismo de produção do som; (2) *Geste accompagnateur* – relacionado ao movimento de todo o corpo do instrumentista que não é diretamente ligado à produção do som; (3) *Geste figure* – relacionado ao uso metafórico do termo gesto musical, desse modo não se referindo ao movimento físico, mas sim a um “ballet imaginário” dos sons e suas qualidades.

Por fim, Jensenius et al (2010) apresenta sua definição final, buscando abranger todas essas definições e usos do termo gesto dentro do contexto musical:

Com base nos pontos de vista acima, parece direito definir o gesto musical como um padrão de ação que produz música, é codificado em música ou é feito em resposta a música (JENSENIUS; WANDERLEY, 2010, p.19, tradução nossa).

Esta definição é uma contribuição relevante, pois ela acolhe as principais áreas que atualmente lidam com movimento e música, as quais já vêm empregando o termo gesto em seus trabalhos. Embora muito útil como “aparelho terminológico” (ibidem, p.19), essa definição não está isenta de críticas de autores que buscam uma base intermodal comum para a análise da música e da dança. Schacher (2010, p.2) aponta que “ela ignora os componentes semânticos que os gestos inevitavelmente carregam”. E, de acordo com Naveda:

Estes conceitos contribuem para o panorama de gestos musicalmente relacionados, ao reunir no nível estrutural da análise diversas dimensões da experiência musical, o que permite uma melhor segmentação e controle dos dispositivos musicais, da análise e da performance musical. Contudo, eles contêm um hermetismo inevitável ou uma super-especificação da ideia de gestos musicais, como se eles fossem exclusivamente subordinados às funções musicais, isolando o conceito das influências mútuas entre música e dança (NAVEDA, 2011, p.13, tradução nossa).

Naveda (2011) atenta em seu trabalho para a influência mútua possível entre dança e música, buscando se aproximar de uma definição de gesto que agrega uma integração holística de diferentes modalidades, tais como o conceito de gesto expressivo de Camurri et al (2003).

De uma outra perspectiva, Hatten (2004) desenvolve uma significativa conceituação do termo gesto. Esse autor foca na relação entre gesto e estilos composicionais clássicos, mas seu trabalho pode contribuir para o entendimento dos aspectos e significados essenciais que o termo gesto carrega. O autor compreende o gesto como uma significativa modelagem (*shaping*) energética ao longo do tempo. Assim gestos podem se manifestar com diferentes tipos de energia e conseqüentemente em múltiplas modalidades sensoriais e artísticas, como movimento corporal na dança e sons na música. O autor também apresenta dois

aspectos do gesto relevantes para nosso trabalho: (1) a intermodalidade e (2) a integração perceptual e continuidade. A intermodalidade é a capacidade de representação análoga em todos os sentidos e também no sistema motor. Segundo Hatten (2004) o sistema cognitivo é dinâmico e processa em tempo real as transformações do ambiente, do corpo e do sistema nervoso. Desse modo, cada sentido promove uma representação coerente do fluxo de eventos do mundo e a capacidade de compartilhar cada representação permite integrá-las como a percepção de um evento.

Outro autor que levanta um aspecto semelhante acerca do gesto é Sullivan (1984), que em sua tese de doutorado propõe que gesto é um híbrido de meios diferentes. A integração perceptual está relacionada à síntese de duas configurações (*gestalts*): uma imagética e outra temporal. A imagética é imediata, instantânea, e a temporal é a coerência sequencial, o fluxo. A definição de Schacher (2010) também converge com essa perspectiva: “um gesto é uma seqüência de movimentos que formam um todo, uma *gestalt*, e pode ser reconhecida como uma unidade semântica” (SCHACHER, 2010, p.251, tradução nossa).

Assim, com base nesses autores, em nossa pesquisa assumimos o gesto como uma modulação de energia ao longo do tempo percebida como um todo, uma configuração/*gestalt* que carrega conteúdos expressivos. Desse modo em sua trajetória um gesto pode explorar diferentes tipos de energia em movimentos que podem ser a base da expressão e criação artística. A partir dessa premissa, prosseguiremos apresentando características específicas dos gestos nos contextos da música e da dança.

1.2 Gesto sonoro

O gesto sonoro pode ser compreendido como uma modulação significativa de energia sonora ao longo do tempo que carrega conteúdo expressivo. Muitos autores buscaram delinear esse processo geralmente com o foco na análise musical, mas também podemos observar nesses trabalhos a relevância do gesto no processo criativo e composicional. Nesse sentido, Bachratá (2010) desenvolveu uma significativa contribuição em sua tese de doutorado acerca do gesto musical e a interação gestual entre instrumento e sons eletroacústicos. Ela apresenta em seu trabalho os principais musicólogos que exploram ou se relacionam com o conceito de gesto sonoro, tais como Pierre Schaeffer, Iannis Xenakis, Michel Chion, David Lidov, Robert Hatten, Trevor Wishart, Dennis Smalley e Brian Ferneyhough. Em nosso trabalho discutiremos o gesto sonoro a partir dos autores com mais afinidade com conceito de gesto por nós assumido e, conseqüentemente, à proposta de interação que desenvolveremos.

Tendo em vista que o gesto sonoro é um movimento das qualidades morfológicas e/ou espectromorfológicas de uma configuração sonora e/ou um objeto sonoro, a combinação de diferentes objetos sonoros ou mesmo um só objeto sonoro pode apresentar uma morfologia

dinâmica e ser percebida como um gesto sonoro. “Um gesto musical é primeiramente um objeto sonoro, e um conciso, tendo um perfil claro que o torna identificável e possuidor de uma faculdade expressiva” (BEN-TAL, 2012, p.254, tradução nossa). Assim, o trabalho desenvolvido por Pierre Schaeffer pode servir de base para a compreensão das qualidades espectromorfológicas do som e como elas se relacionam em nossa percepção. Schaeffer representa o espaço sonoro em dois campos: o Triedro de Referência (figura 1) e o Campo Perceptivo (SCHAEFFER, 1966; CHION, 1983). O Triedro de Referência é formado por três eixos - (x) tempo, (y) frequência e (z) intensidade-, formando assim três planos: (x,y) Plano melódico - expressa a frequência ao longo do tempo; (x,z) Plano dinâmico – representa a variação de intensidade no tempo; e (z,y) Plano harmônico – distribuição de intensidade conforme o espectro de frequência. O campo perceptivo é composto por três áreas que estão relacionadas aos processos fisiológicos e cognitivos que influenciam a escuta. As áreas são: altura¹, duração e intensidade. A partir dessas áreas, Schaeffer desenvolveu uma morfologia para os objetos sonoros com base em sete critérios relacionados às propriedades e características do som percebido: massa, timbre harmônico, dinâmica, grão, allure, perfil melódico, perfil de massa.

Figura 1 – Triedro de referência

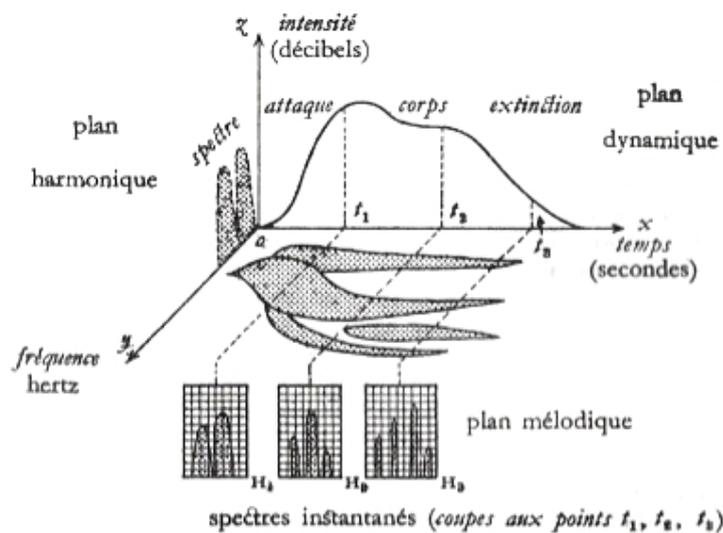


FIGURE 27.

Le triedre de référence.

415

Fonte: Schaeffer (1966, p. 415)

a) **Massa** - “modo de ocupação da área de altura pelo som”, podendo ser tônica

¹ Na verdade uma dimensão dupla, dividida em "harmônica", voltada para a percepção de alturas definidas, e "colorida", voltada para a percepção da distribuição de energia no espectro sonoro.

- (quando se percebe claramente uma altura definida na tessitura), complexa ou variável (CHION, 1983, p.159);
- b) **Timbre harmônico** - “associado a qualidades que parecem estar relacionadas à massa e permitem descrevê-la”; “O timbre harmônico é mais facilmente localizado e distinguível da massa propriamente dita no caso dos sons de massa tônica. Em sons complexos, torna-se muito mais difícil e, até mesmo em certos casos, impossível, dissociá-lo da massa e descrevê-lo de forma independente.” (ibid., p.168);
 - c) **Grão** - “microestrutura da matéria do som, que é mais ou menos fino ou grosso e que evoca por analogia a textura tátil de um pano ou um mineral, ou o grão visível em uma fotografia ou uma superfície”. (ibid., p. 171);
 - d) **allure** - “oscilação, caracterizando pela flutuação na sustentação do som” (ibid., p.159);
 - e) **Dinâmica** - “desenvolvimento de som na área da intensidade” (ibid., p.159);
 - f) **Perfil Melódico** - “uma variação que afeta toda a massa do som, fazendo-o descrever uma espécie de ‘trajetória’ na tessitura”, como por exemplo na manipulação da velocidade de execução de alguma amostra sonora (ibid., p.183);
 - g) **Perfil de massa** - “desenvolvimento da massa no tempo, onde a massa é “esculpida” por variações internas”, podendo ser observado de modo mais isolado nas filtragens da música eletroacústica e nas modificações progressivas da instrumentação em músicas orquestrais (ibid.,p.185).

As características morfológicas se relacionam de forma diferente com as diferentes áreas do Campo Perceptivo. A percepção de alturas é dominante nos critérios de massa e timbre harmônico. A percepção das intensidades é dominante no critério dinâmica, auxiliada pela percepção de duração em suas variações. Grão e allure derivam-se de micro variações das três dimensões na sustentação dos sons. Já os perfis melódico e de massa são variações contínuas de massa, dominadas pela percepção das alturas e das durações, embora a dinâmica também atue de forma secundária (CHION, 1983, p. 66).

Embora Schaeffer utilize, na descrição de sua tipo-morfologia, exemplos sonoros muito simples (déponents) para caracterizar claramente cada um de seus critérios, por outro lado ele adverte que aquilo “que encontramos na prática são os gêneros de som, gerados por certas técnicas e cujas características, muitas vezes evidentes, não são fáceis de descrever, nem de serem decompostas em um feixe de critérios” (SCHAEFFER, 1966, p.580). O objetivo do seu solfejo é “classificar convenientemente um som e enumerar suas propriedades dominantes, propriedades que (...) somente serão colocadas em valor em tal ou qual contexto” (idem 1966, p. 581). Como exemplo podemos citar um som de um rulo em um prato, caracterizado por uma massa complexa aguda, grão iterativo e ressonante,

duração longa e dinâmica controlável. Em combinação com outros pratos também em rulo, serão destacadas diferenças sutis de massa e de grão. Em combinação com tambores em rulo, serão destacadas as diferenças de registro das massas complexas. Combinado com sons curtos do tipo ataque-ressonância, as envoltórias temporais serão destacadas

Schaeffer desenvolve a morfologia e suas relações com a percepção, centralizado no seu conceito de objeto sonoro. Porém podemos aplicar e estender essa detalhada morfologia na interpretação dos gestos sonoros, pois são morfologias dinâmicas percebidas como um todo, como uma configuração/gestalt sonora.

O dado importante a respeito de gesto ou morfologia dinâmica de maneira geral é que esta é essencialmente uma propriedade variável no tempo de um objeto sônico como um todo, e não pode ser atomizada do mesmo modo que componentes de altura numa treliça podem ser separados por sua notação individual (WISHART; EMMERSON, 1996, p.112, tradução nossa).

Baseados na proposta de integração perceptual do gesto de Hatten (2004), consideramos que a *gestalt* imagética estaria relacionada às qualidades morfológicas estaria relacionada às qualidades morfológicas que não se alteram com o tempo: massa e timbre harmônico; e a *gestalt* temporal estaria relacionada as qualidades morfológicas como perfil melódico, perfil de massa, allure, grão e perfil dinâmico

A partir de uma estrutura tripartite: *onset* (início), *continuant* (meio) e *termination* (fim), Smalley (1997) propõe três arquétipos espectromorfológicos que podem ser aplicados para interpretar gestos sonoros, pois também se baseiam em dinâmicas espectromorfológicas.

Em todos os três modelos, assume-se que a riqueza espectral é congruente com a forma dinâmica da morfologia – mais audível, maior energia espectral, som mais brilhante e/ou mais rico (SMALLEY, 1997, p.113, tradução nossa).

Os três arquétipos morfológicos básicos são: 1) o *attack-impulse* (ataque-impulso) – com rápido impulso energético e extinção rápida, ausência de fase de decaimento; 2) o *attack-decay* (ataque-decaimento) – formado por impulso energético e um decaimento gradual; 3) o *graduated continuant* (continuação gradual) formado por ataque e decaimento graduais e uma presente sustentação que se prolonga no tempo. Também são apresentadas variações: a) *swelled graduated continuant*: um tipo de *graduated continuant* com ataque e decaimento mais rápidos; b) modelos com ataque e decaimento lineares; c) ataques revertidos, com crescimento de energia na terminação. Segundo Smalley (1997) a percepção de arquétipos pode variar em diferentes contextos e podem ser aplicados em diferentes níveis estruturais desde um objeto sonoro, gesto ou seção de alguma música. Assim o autor propôs diferentes funções às quais os arquétipos espectromorfológicos estão relacionados:

tempo adiante (*propelling time forwards*), mover de um objetivo a outro na estrutura (o movimento da energia expresso através de transformações espectrais e morfológicas), sentido de linearidade e narrativa” (SMALLEY, 1997, p.113). As músicas podem ser estruturadas a partir de gestos e de texturas, na maioria das vezes por uma mistura dos dois. O autor se aproxima da definição de textura afastando-se da noção de gesto: “Quanto mais lento é o ímpeto gestual direto, mais o ouvido procura se concentrar em detalhes internos (desde que eles existam)” (Ibid., p.113). Uma música primordialmente textural se concentra na atividade interna em detrimento da direcionalidade (*forward impetus*). Texturas também podem ser formadas por gestos que se repetem no seu interior, e às vezes alguns gestos podem se destacar da textura. E alguns gestos podem ter uma textura interna (Ibid.,1997). Assim como Hatten (2004) aponta para a intermodalidade do gesto, Wishart (1996) também observa que a análise gestual por ele esboçada poderia ser aplicada em outras modalidades:

A análise gestual pode de fato ser estendida para outras atividades humanas que não estão relacionadas a produção de som. Muitos aspectos da dança são evidentemente gestuais (WISHART; EMMERSON, 1996, p.114, tradução nossa).

Desse modo as características e interpretações do gesto sonoro, descritas aqui nessa seção, são a base conceitual que buscaremos aplicar nas propostas de interação e composição/criação dessa pesquisa.

1.3 Gesto na dança

Como apresentado na seção 1.1 o gesto na dança pode ser compreendido como a trajetória energética dos movimentos corporais ao longo do tempo percebida como uma configuração/gestalt que carrega conteúdo expressivo. Nesse escopo encontramos um autor que fundamenta e contribui para a compreensão dos diferentes aspectos relacionados a nossa abordagem do termo gesto na dança: Rudolf Laban. Optamos por esse autor devido sua abordagem acerca do movimento, que se relaciona com a ideia de expressividade e se aproxima do caráter energético do movimento. Desse modo, o estudo do movimento desenvolvido por Laban se encontra no contexto da dança moderna e também é explorado no contexto da dança contemporânea, convergindo assim, com os tipos de dança que são as bases da nossa proposta de interação. Segundo Laban (1966), os movimentos corporais podem carregar algum tipo de conteúdo expressivo.

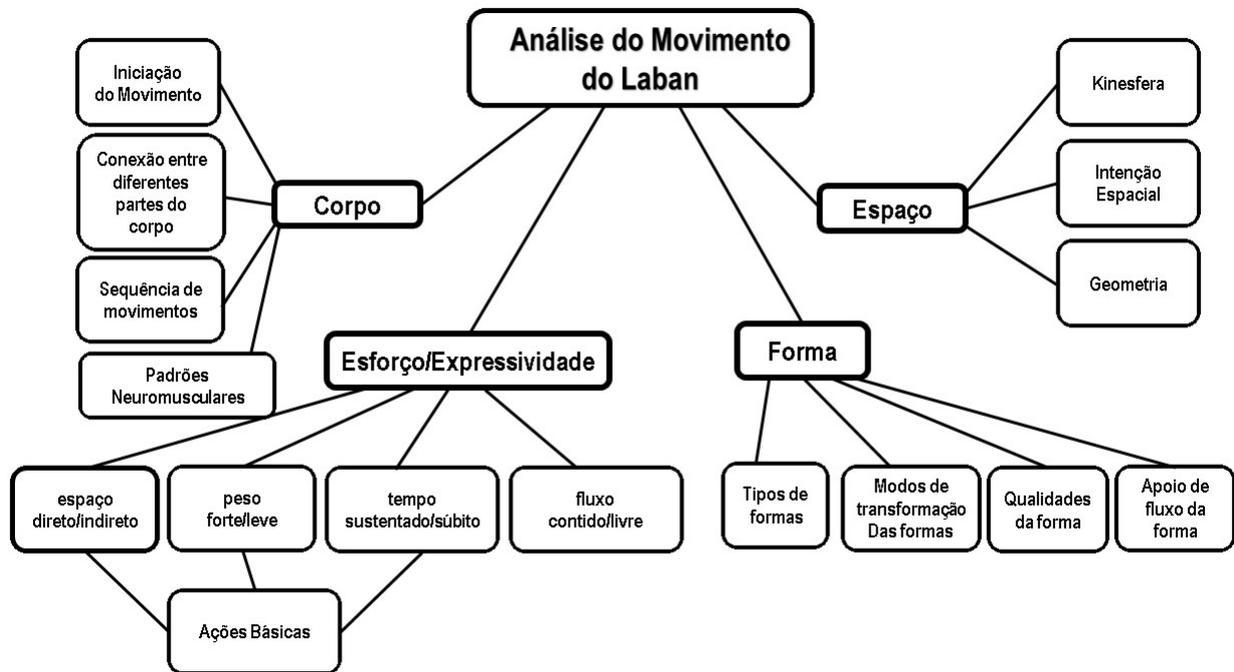
A vontade ou a decisão de se mover nascem da profundidade do nosso ser. Nós não só alteramos as posições de nossos corpos e mudamos o meio ambiente por nossa atividade, mas trazemos uma cor adicional para nossos movimentos de nossa psique. Nós falamos de sentimentos, ou pensamentos que precedem ou acompanham os movimentos (LABAN, 1966, p.48, tradução nossa).

Rudolf Laban (1897-1958) desenvolveu, em meados do século XX, uma teoria que buscou esclarecer os aspectos expressivos do movimento, a Análise do Movimento de Laban. A LMA, como é conhecida internacionalmente, é uma metodologia para observar, descrever, interpretar e registrar o movimento humano. O LMA tem sido empregado em várias áreas, como dança, artes cênicas, esportes, fisioterapia, psicologia e ciências comportamentais. Sua metodologia é formada atualmente por quatro categorias principais: Corpo, Esforço, Forma e Espaço. Em cada movimento, as quatro categorias estão presentes, mas com ênfases diferentes. Para Fernandes (2006) a força vital em LMA é que promove e conecta o Esforço, o Corpo, a Forma e o Espaço em um fluxo energético. Laban inicialmente separou o estudo do movimento em três áreas: Corêutica, Eukinética e Sistema de Notação de Movimento, conhecido como Cinetografia ou labanotation nos Estados Unidos. Assim, a Análise de movimento de Laban se concentra na Eukinética e no estudo da forma. A Corêutica é compreendida como o estudo do movimento no espaço e a Eukinética o estudo das qualidades expressivas do movimento. Dentro da Eukinética, Laban empenhou-se em sua pesquisa acerca do Esforço. Para o nosso trabalho, a categoria de Esforço é a mais significativa, uma vez que, segundo Laban (1978), é possível analisar as possibilidades expressivas do corpo em movimento através das qualidades dinâmicas do Esforço. Fernandes (2001) observa que uma tradução mais adequada para essa categoria seria Expressividade, pois a palavra usada no alemão por Laban foi *Antrieb*, que significa estímulo, propulsão, impulso, ímpeto para o movimento. Correspondendo assim ao conceito de energia presentes tanto na dança, no cotidiano e em outras artes como música, pintura, escultura etc. O sistema Laban pode ser aplicado em diferentes artes possibilitando a descrição das características dessas obras. Assim, pode ser um idioma inter-artes e usado de forma criativa multiplicando signos (FERNANDES, 2006). De acordo com a categoria Corpo, o corpo pode ser separado em partes, e cada parte móvel é suscetível de uma análise de Esforço. Laban propôs quatro fatores de Esforço:

- a) **fluxo** - relacionado ao grau de controle do movimento e condução dos movimentos, podendo ser contido ou livre;
- b) **espaço** - relacionado à trajetória do movimento no espaço e também à atitude de atenção e/ou foco, podendo ser direto ou indireto;
- c) **peso** - relacionado à resistência à gravidade do movimento, pode apresentar forças estáticas de manutenção do corpo em alguma posição e também energia cinética usada para deslocar o corpo, podendo ser forte ou leve;
- d) **tempo** - relacionado a urgência do movimento, podendo ser súbito ou sustentado.

A seguir um gráfico com um resumo dos principais conceitos e categorias do Análise do Movimento de Laban:

Figura 3 – Gráfico Laban



Fonte: (RAN et al., 2015, p. 27, tradução nossa)

Cada fator pode oscilar entre dois extremos. O fator de fluxo varia entre contido e livre, o fator espaço entre direto e indireto, o fator de peso entre forte e leve e o fator tempo entre sustentado e súbito. Portanto, existem duas polaridades:

- a) *Entregue* - com fluxo livre, espaço indireto, peso leve e tempo sustentado;
- b) *Condensada* - com fluxo contido, espaço direto, peso forte e tempo súbito.

Todos os fatores do Esforço estão presentes em todos os movimentos, porém em alguns movimentos alguns fatores são enfatizados e outros permanecem em estado latente (LABAN, 1978, p.127–131). Laban classifica essas possíveis combinações dos fatores do Esforço:

- a) Ações incompletas ou estados do movimento - quando dois fatores se destacam:
 - Estado Rítmico – combinações entre peso e tempo;
 - Estado Onírico – combinações entre peso e fluxo;
 - Estado Estável – combinações entre peso e espaço;
 - Estado Remoto – combinações entre fluxo e espaço.
- b) Ímpeto do movimento – quando três fatores estão em evidência:
 - Ímpeto de Visão - espaço, fluxo e o tempo;

- Ímpeto de Encanto - peso, espaço e fluxo;
- Ímpeto de Paixão – fluxo, peso e tempo;
- Ímpeto de Ação – peso, espaço e tempo.

Dentro do Ímpeto de Ação Laban (1978) classifica oito Ações básicas:

Tabela 2 – Ações Básicas

Ações básicas	Fator espaço	Fator peso	Fator tempo
Socar	direto	forte	súbito
Pontuar	direto	leve	súbito
Pressionar	direto	forte	sustentado
Chicotear	indireto	forte	súbito
Flutuar	indireto	leve	sustentado
Torcer	indireto	forte	sustentado
Sacudir/Pincelar	indireto	leve	súbito
Deslizar	direto	leve	sustentado

Existem duas atitudes relacionadas as ações básicas: Lutantes ou resistentes e indulgentes ou complacentes. As ações básicas lutantes/resistentes são socar, pontuar, pressionar e chicotear; as ações básicas indulgentes/complacentes são flutuar, torcer, sacudir/pincelar e deslizar. Geralmente as ações básicas ocorrem em um processo transicional de uma ação básica para outra, na qual uma ação de transição é empregada entre elas, denominada por Laban (1978) como ações intermediárias. As principais ações intermediárias são torcer/chicotear, por exemplo uma pessoa erguendo um saco pesado (torcer) e jogando nos ombros (chicotear); pontuar/deslizar, por exemplo, uma pessoa fechando uma gaveta pequena; flutuar/sacudir, por exemplo, uma pessoa jogando um objeto pequeno longe; socar/pressionar, por exemplo, uma pessoa modelando com as mãos argila.

Outro aspecto relevante para nossa pesquisa é o conceito de frase expressiva: uma sequência de variações das qualidades expressivas (fatores). Geralmente as alterações nas combinações dos fatores expressivos ocorrem a cada três ou cinco segundos, porém frequentemente observamos a permanência de uma mesma qualidade expressiva por mais tempo, isso se dá devido a ênfase em certa qualidade durante a sequência de combinação dos fatores que formam assim uma frase expressiva e um motivo (FERNANDES, 2006). O motivo é a qualidade expressiva enfatizada durante a frase expressiva ou seção. Podemos observar também uma relação natural de complementaridade nas sequencias de combinação a fim de estabelecer um equilíbrio no corpo, por exemplo, se em uma frase expressiva ocorre a ênfase em qualidades condensadas de peso e espaço (forte e direto) a tendência é ela ser seguida por uma recuperação com ênfase nos opostos (leve e indireto) ou em outras qualidades como leve e livre (ibid., 2006). Semelhante aos gestos sonoros que podem constituir uma composição em diferentes níveis estruturais, o gesto corporal também pode ser analisado em diferentes níveis estruturais de movimento ou dança.

Em nosso trabalho buscaremos analisar e interpretar os gestos de dançarinos com base na LMA e especificamente nas qualidades expressivas descritas pela categoria de Esforço. Também aplicaremos na análise outras qualidades expressivas tais como contração/expansão e taxa de quantidade de movimento.

1.4 Gesto no contexto das novas interfaces sonoras e instrumentos digitais

Como exposto na [seção 1.1](#), o termo gesto no contexto das novas interfaces e instrumentos digitais denota qualquer movimento do performer com potencial expressivo e passível de extração ([JENSENIUS; WANDERLEY, 2010](#)). Assim, as ações do performer ou instrumentista empregadas na produção sonora parecem conter sempre um potencial expressivo, mesmo que implícito, e são chamadas por Wanderley de *performer gestures*. Segundo este autor: “Para evitar se discutir todas as nuances do significado de gesto, deixe-me inicialmente considerar como gestos do performer as ações do performer produzidas pelo instrumentista durante a performance” ([WANDERLEY, 2001](#), p.3). Nesse sentido, para que novas interfaces e/ou instrumentos digitais sejam significativamente expressivos, é fundamental o desenvolvimento de estratégias de captura e interpretação dos gestos corporais do performer, e também estratégias de mapeamento desses dados para o controle de diferentes processos de produção sonora.

As novas interfaces e instrumentos digitais de produção sonora podem ser compreendidos como sistemas interativos ([DRUMMOND, 2009](#)). Segundo Winkler ([2001](#)), um sistema interativo digital pode ser separado em detecção, escuta/ interpretação, composição e geração sonora. Na fase de detecção, as informações gestuais são capturadas e transferidas para fase de escuta /interpretação. Isso ocorre por meio de sensores (incluindo-se aqui microfones), que convertem a energia física do mundo exterior em energia elétrica dentro das máquinas, que por sua vez é codificada digitalmente. Características como precisão, acuidade e resolução desses sensores devem ser considerados de acordo com os tipos de conexões pretendidas.

Por exemplo, o mapeamento das saídas de um sensor que seja preciso, mas sem muita acuidade pode ser satisfatório para o controle de variação de intensidade, mas se for usado para controlar a altura, sua falta de acuidade será provavelmente mais notável ([WANDERLEY, 2001](#), p.5, tradução nossa).

Na fase de escuta/interpretação ocorre a análise dos dados de movimento (e/ou sonoros) extraídos pelos sensores, na qual geralmente são empregados filtros e descritores de baixo nível para preparar os dados para próxima fase. Na fase de composição, os dados oriundos da fase de escuta/interpretação são conectados com diferentes parâmetros e pro-

cessos que proporcionarão a geração sonora na próxima fase, em um processo denominado mapeamento. No contexto de um instrumento digital, o performer deve estabelecer uma relação direta de causa e efeito entre suas ações e as saídas sonoras e, desse modo, os processamentos da fase de composição (síntese, processamento) não devem obscurecer essa relação. O mapeamento, que conecta as fases de escuta/interpretação e composição com a fase de geração sonora, pode ser de quatro tipos: (1) um-para-um, (2) um-para-muitos, (3) muitos-para-um e (4) muitos-para-muitos (IAZZETTA, 2000; HUNT; KIRK, 2000; WANDERLEY, 2006; DRUMMOND, 2009).

- a) **um-para-um** – a conexão é direta, uma entrada gestual para um parâmetro de geração sonora: por exemplo, empregar o movimento vertical de uma mão em relação ao torso para controlar a frequência de um oscilador.
- b) **um-para-muitos** – também conhecida como divergente - um simples gesto de entrada é conectado com múltiplos parâmetros de geração sonora: por exemplo, empregar o movimento vertical de uma mão em relação ao torso para controlar a frequência, a amplitude e a espacialização de um oscilador.
- c) **muitos-para-um** – também conhecida como convergente - várias entradas são necessárias para controlar um parâmetro de geração sonora: por exemplo, empregar movimento vertical da mão em relação ao torso, a velocidade desse movimento e a distância entre as mãos para controlar a intensidade de um oscilador.
- d) **muitos-para-muitos** – é a combinação dos anteriores: por exemplo, empregar movimento vertical da mão em relação ao torso, a velocidade desse movimento e a distância entre as mãos para controlar a frequência, a amplitude e a espacialização de um oscilador.

Na fase de geração sonora os dados mapeados das fases anteriores controlarão os parâmetros do sistema digital de geração sonora. Podemos observar três principais modos de produção sonora geralmente empregados nesses sistemas: (a) por transformação, (b) por síntese e (c) por amostragem

- a) **por transformação** – parte de sons pré-existentes ou oriundos de alguma outra fonte sonora, como um instrumento acústico. Esses sons são transformados através de processamentos diversos como filtragem, reverberação, modulação de frequência etc.
- b) **por síntese** – o som é produzido por osciladores e por meio de diferentes tipos de síntese sonora
- c) **por meio de amostras** – partem de amostras pré-selecionadas de um som, podendo reproduzi-las de diferentes modos, à maneira dos samplers (IAZZETTA, 1998).

Muitas das questões e desafios no contexto das novas interfaces sonoras e instrumentos digitais estão relacionadas às estratégias de mapeamento dos gestos de controle (WANDERLEY, 2001). Os desafios encontrados na interação entre dança e música, os gestos corporais de controle precisam de uma análise e interpretação eficientes para promover as potencialidades expressivas desses sistemas de interação.

O gesto abstrato extraído e interpretado a partir dos dados de baixo nível do movimento torna-se uma entidade para compor a interação e, finalmente, construir peças musicais que transmitem uma relação mais forte com os métodos coreográficos, do que a mera interação através das ligações estabelecidas por uma tecnologia específica (SCHACHER, 2010, p.251, tradução nossa).

1.5 Interação multimodal

O avanço da tecnologia digital permitiu o surgimento de contextos multimodais onde o som / música e gestos corporais podem interagir em tempo real, por meio de micro-integração. Segundo Leman:

[...] a principal novidade da moderna tecnologia digital diz respeito à codificação, troca e integração de energia, utilizando diferentes níveis de descrição. Em seu conceito moderno, a multimídia não é mais concebida como uma justaposição, uma junção, de modo sincrônico ou diacrônico, de diferentes meios relacionados ao som, atuação, cenário e iluminação, mas sim como uma micro-integração, ou uma forte conexão, de diferentes meios (LEMAN, 2008, p.140, tradução nossa).

Na dança, o movimento tem ampla variabilidade e alto nível de especialidade. Dançarinos adquirem altos níveis de consciência e sensibilidade acerca dos movimentos corporais e sua relação com o espaço. A extração e interpretação de dados de captura de movimentos, focados no potencial expressivo desses movimentos, é um grande desafio. Outra questão é como empregar esse potencial expressivo do movimento nas composições musicais em tempo real e/ou em outras interações artísticas como, por exemplo, vídeo. No contexto da *Human Computer Interaction – HCI* alguns pesquisadores (ALAOUI et al., 2012; HASHIM; NOOR; ADNAN, 2009; SCHIPHORST, 2009) exploraram o potencial expressivo dos gestos, focando qualidades do movimento e, em alguns casos, aplicando a Análise do Movimento Laban (LMA) ou semelhante. Camurri (2000, 2001, 2003), Schacher (2010) e Maranan et al. (2014) realizaram trabalhos explorando as qualidades expressivas de gestos de dança em situações interativas.

Antonio Camurri é um pesquisador com trabalhos envolvendo gestos de dançarinos aplicados em composição musical desde 1984. O conceito de gesto expressivo (2001) está relacionado à transmissão de conteúdo expressivo do gesto. Esse conteúdo seria formado por sentimentos, humores, afeto e intensidade da experiência emocional. Com essa base, Camurri et al 2004 desenvolveram um experimento que buscou reconhecer e classificar os

gestos de cinco dançarinos segundo algumas emoções: raiva, medo, tristeza e alegria. Cada dançarino executou a mesma coreografia, mas de quatro maneiras diferentes relacionadas às quatro emoções. As performances foram gravadas, um público assistiu-as e depois respondeu a questões tais como a intensidade de cada emoção e qual emoção predominava. O procedimento de reconhecimento e classificação ocorreu por meio da estrutura conceitual em camadas (CAMURRI; POLI; LEMAN, 2001) que parte da compreensão do gesto e sua relação com diferentes níveis de descrição da energia².

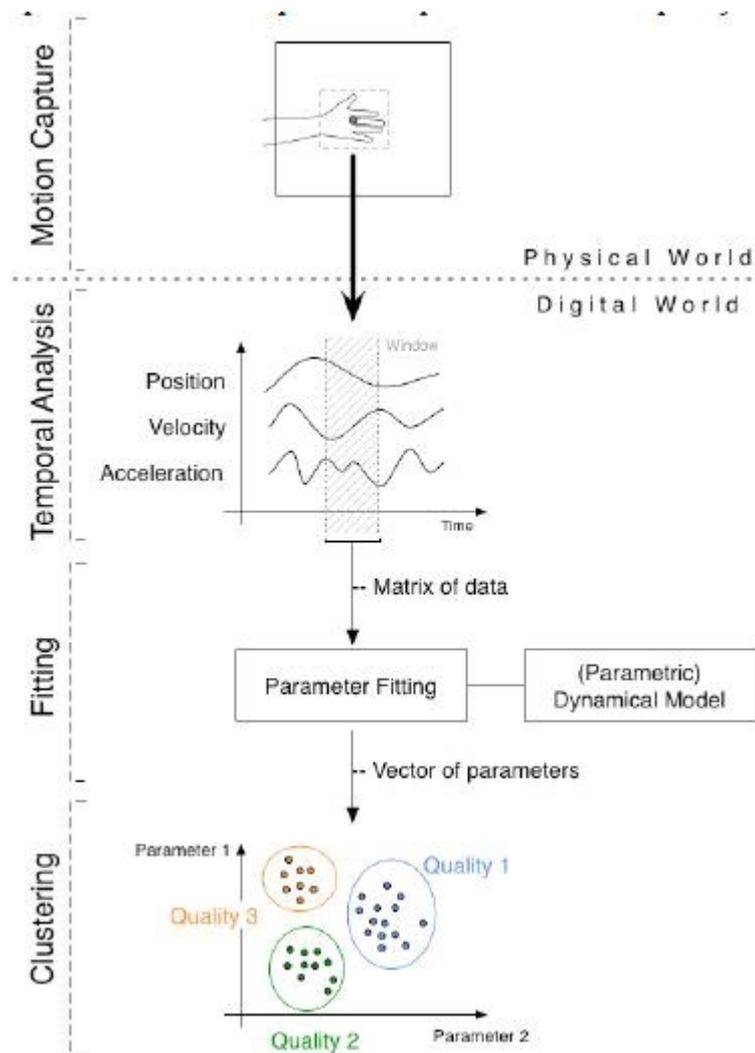
Assumimos que eles [expressividade] estão relacionados a características de baixo nível da dinâmica do movimento, bem como a características de nível médio que se relacionam com espaços ou mapas semânticos (por exemplo, espaços de energia-velocidade e de valência-excitação de espaços emocionais), bem como a conceituações e taxonomias de nível superior (metáforas sinestésicas e cinestésicas). Esses aspectos são considerados em uma estrutura conceitual em camadas (CAMURRI; POLI; LEMAN, 2001, p.61, tradução nossa).

No experimento, a camada do sinal físico recebia os dados do movimento oriundos de câmeras, e foram empregados algoritmos de visão computacional para detecção dos movimentos e silhuetas. Na camada de baixo nível de descritores, os dados vindos da primeira camada são processados e são calculadas algumas qualidades e descritores do movimento tais como quantidade de movimento, expansão/contração, velocidade e aceleração. Na camada de nível médio de descritores e mapeamento, as qualidades e descritores da camada de baixo nível são processados e os movimentos são segmentados através do descritor quantidade de movimento. Assim, outros qualificadores podem ser aplicados como índice de directividade do movimento. E na camada conceitual/estrutural foi empregado a partir dos dados das outras camadas anteriores o método estatístico: árvore de decisão para classificar os gestos segundo as quatro emoções. Comparando os dados de reconhecimento automático com a pesquisa do público Camurri (2003) não obteve resultados elevados para os acertos. O pesquisador relata as possibilidades de trabalhos futuros com a aplicação de outros métodos estatísticos de classificação e também que outros descritores de médio nível poderão ser empregados para obtenção de melhores resultados. Ele também destaca que a contribuição mais relevante desse trabalho foi o potencial de aplicação da Estrutura conceitual em camada. Caramiaux (2012, p.761) desenvolveu um modelo de reconhecimento de movimentos baseado em algumas qualidades exploradas na dança: respiração, expansão e redução. Essas qualidades foram definidas em colaboração com a companhia de dança Emio Greco, como parte de um projeto para usar mídia digital em documentação de dança. Eles denotam intenções internas e podem estar ligados às outras qualidades de um movimento. A respiração é a expansão vertical do corpo até o limite, seguida de uma contração vertical do corpo. A qualidade expansão pode ocorrer em diferentes direções do espaço, oscilando entre as extremidades e a posição inicial. A redução, que não deve ser

² Esta ferramenta será abordada em detalhes na seção 1.7.1.

entendida como o oposto da expansão, é calculada em função da quantidade de movimento realizada pelo dançarino, podendo chegar até a pausa. Caramiaux capturou os movimentos com um sensor Microsoft Kinect e, a partir dos dados de posição de cada articulação, calculou-se a velocidade (derivada da posição) e a aceleração (derivada da velocidade). A seguir uma figura com o fluxo dos dados da instalação:

Figura 4 – Fluxo de dados

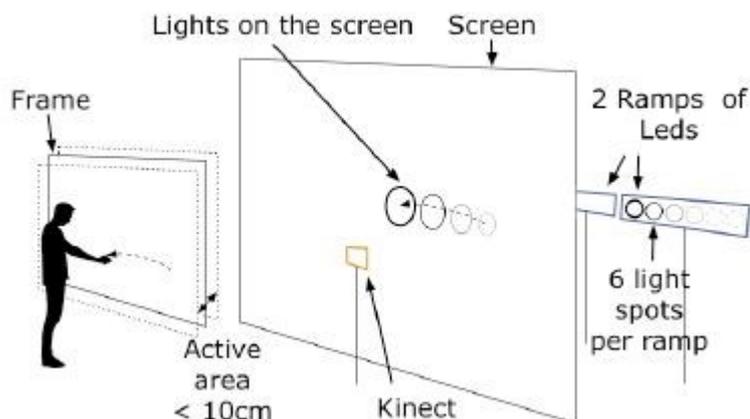


Fonte: (ALAOUI et al., 2012, p.765)

A partir desse modelo de reconhecimento e classificação dos movimentos com base nas qualidades e não nas posições, ele desenvolveu uma instalação que relacionava os movimentos das mãos com a modulação de algumas lâmpadas *LED* fixadas sobre uma parede, figura 5.

Caramiaux (2012) também realizou uma pesquisa com os participantes da instalação, possibilitando-os interagir por meio de uma interação com base na posição da mão, e não nas qualidades do movimento. Eles respondiam um questionário comparativo sobre a

Figura 5 – Visão Geral da Instalação



Fonte: (ALAOUI et al., 2012, p.765)

expressividade, consciência corporal, intuição, entre outras. O autor concluiu que existe um amplo potencial a ser explorado com qualidades do movimento e seu emprego nas artes digitais. Porém o aprendizado e interação parece ser mais difícil e menos intuitivo. Schacher (2010) faz uma observação interessante acerca da consciência corporal e sensibilidade para os aspectos espaciais e físicos do movimento, que são bastante distintas entre dançarinos, visitantes de instalações e músicos.

Maranan et al (2014) desenvolveram um trabalho importante empregando LMA e algoritmos de aprendizado de máquina para o reconhecimento e classificação de movimentos. Para captura dos movimentos foi utilizado um acelerômetro fixado sobre o pulso dominante dos dançarinos. E foi empregado um método de segmentação através de múltiplas janelas temporais no qual os dados coletados e segmentados são parametrizados por seis descritores do movimento que alimentam o algoritmo de treino. Para a fase de treino um dançarino especialista em análise do movimento de Laban-LMA foi convidado a executar as oito Ações Básicas do movimento; posteriormente, na fase de performance, executou as Ações Básicas novamente, enquanto outro dançarino certificado observava e classificava os movimentos segundo as Ações Básicas. Comparativamente e ajustando o sistema com as dominâncias de cada fator do Esforço em cada Ação Básica, o reconhecimento teve uma performance de 70% de acuidade. Os autores aplicaram este sistema a uma performance de dança, onde as ações básicas reconhecidas interagiram com efeitos sonoros, luminosos e visuais. O grupo também desenvolveu um sistema para gerar imagens abstratas relacionadas às Ações Básicas: EMVIZ³

Schacher (2010) desenvolveu um trabalho de dança interativa (dança e música) em colaboração com um compositor e uma dançarina. Ele desenvolveu uma metodologia de

³ <http://metacreation.net/project/movement/>

mapeamento multi-camada, que emprega dois ou mais tipos de sensores de movimento. Neste trabalho foram utilizadas câmeras e acelerômetros acoplados a giroscópios fixados nos pulsos da bailarina. As imagens de vídeo foram processadas por algoritmos de Visão Computacional, que reduziram os dados a alguns descritores e qualificadores de movimento, como velocidade, orientação espacial, aceleração centroide e expansão lateral / vertical (ou contração). Descritores envolvendo aceleração e rotação foram extraídos dos movimentos dos punhos. O autor também aponta aspectos importantes de uma peça musical concebida para ser tocada por um dançarino:

O compositor deve estar ciente da não linearidade de uma forma musical dirigida por um artista. O material sonoro é organizado de modo que torna a recombinação em quase todas as permutações possíveis. Parâmetros expressivos de síntese musical de baixo nível, como ganho, frequência de filtro ou taxas de lfo, são expostos para serem conduzidos pelos gestos dos dançarinos. Eventos desencadeadores discretos moldam a forma geral da peça; as decisões sobre a seleção e remoção de materiais sonoros estão principalmente nas mãos dos performers (SCHACHER, 2010, p.251, tradução nossa).

Baalman (2010) apresenta um relato sobre um sensor de plataforma sem fio para uso artístico. Com a motivação de desenvolver um dispositivo de baixo custo, portátil e de fácil acesso, o Sense/Stage foi criado. O processo de desenvolvimento do dispositivo ocorreu durante um projeto de pesquisa da Universidade de Concordia entre 2007 e 2010. Atualmente, o sensor pode ser comprado por uma loja online⁴ e já foram vendidas mais de 500 módulos para a aplicação em diferentes projetos artísticos. O sensor é formado por um microcontrolador Atmel328⁵, um módulo XBee⁶ e um acelerômetro de três eixos. Assim, é possível enviar os dados do acelerômetro via o protocolo *OSC* para outros dispositivos. Juntamente ao dispositivo, um software foi desenvolvido, o qual permite a interação com os sensores através de conexão sem fio e também possibilita a configuração dos módulos. Com o software instalado, na maioria das vezes não é necessário a configuração dos módulos. Os principais empregos do Sensor/Stage foram em aplicações vestíveis do sensor para dança interativa, em novos instrumentos musicais digitais, em instrumentos musicais aumentados, em instrumentos de controle de luz, em instalações e em workshops sobre computação física e mídia digitais. Na dança interativa a autora cita a companhia Roosna&Flak, que nos últimos anos vem desenvolvendo performance usando o Sensor/Stage de forma vestível, como pulseira e tornozeleira. Os dados do acelerômetro são empregados na síntese e processamento de áudio em tempo real através do software Max/MSP Jitter e atualmente do software SuperCollider. Uma das performances foi denominada Blood Music⁷.

⁴ <http://metacreation.net/project/movement/>

⁵ <http://www.atmel.com/devices/ATMEGA328.aspx>

⁶ <https://www.digi.com/lp/xbee>

⁷ <https://www.roosnaflak.com/tech-research>

Figura 6 – Sense/Stage empregado na obra Blood Music



Fonte: (BAALMAN, 2010, p.309)

Atualmente podemos encontrar diversos trabalhos que se baseiam em qualidades do movimento e do gesto no contexto da interação e/ou da análise do movimento. Abordamos aqui os trabalhos que mais se relacionam com a nossa pesquisa.

1.6 Ferramental conceitual metodológica

Uma ferramenta conceitual fundamentou a criação de estudos e obras artísticas durante esta pesquisa, não de uma maneira cronológica (nem sempre o conhecimento dos conceitos precedeu a atividade de criação), mas por meio de uma interação constante entre seus aspectos teóricos e práticos. A estrutura conceitual em camadas guiou a concepção das ferramentas e situações interativas aqui desenvolvidas.

1.6.1 Estrutura conceitual em camada

Podemos analisar os gestos a partir de diferentes níveis de energia. Camurri et al. (2001) propõe uma estrutura em camadas para clarificar as possíveis conexões e relações entre esses diferentes níveis. Cada camada apresenta um nível de informação, o fluxo dessas informações estão relacionados hierarquicamente, assim temos o nível mais baixo e subindo através de processo de síntese de dados chegamos ao nível mais alto. O processo

inverso também pode ser feito através da análise de dados. E podemos encontrar as correlações e correspondências através do cruzamento das modalidades. Dessa forma os pesquisadores tinham como objetivo compreender a expressividade do gesto a partir de diferentes tipos de informação. Leman (2008) apresenta três níveis de descrição de energia: nível sensorial ou camada de sinais físicos, nível gestual e nível semântico. Segundo o autor, o nível sensorial, relacionado ao nível mais baixo, tem o foco nas características relevantes para expressividade que são extraídas a partir de várias manifestações de energia física. Do som, por exemplo, podem ser extraídas características de baixo nível como o início (onset) e final (offset), tempo-andamento (número de batidas por minuto), forma espectral (que está relacionada com as características de timbre do som), articulação (recursos como legato, staccato), podemos acrescentar e relacionar com esse nível as qualidades morfológicas: massa e timbre harmônico e outras características que podem ser extraídas da energia sonora. Na dança, um exemplo de energia de baixo nível é a quantidade de contração/expansão. O índice de contração é uma medida de como os dançarinos ocupam o espaço circundante. Outros exemplos que podemos acrescentar seriam a orientação, a aceleração, a Jerk (variação da aceleração no tempo), a velocidade, a curvatura, a energia cinética de um movimento (LEMAN, 2008).

Camurri et al (2003) apresenta ainda uma subdivisão do nível sensorial em duas camadas. Na primeira, a mais baixa estão os dados físicos oriundos dos sensores e sistemas de extração. Trazendo para o contexto da pesquisa temos como exemplo os sensores de unidades de medição inerciais (aceleração linear, ângulos de Euler e quatêrnios), sensores de posição (posição em três dimensões de articulações do corpo), microfones e captadores (sinal de áudio). Na segunda camada encontramos os descritores como exemplo de descritores de áudio: *onset e offset*, *loudness*, inarmonicidade, centroide espectral, espalhamento espectral, nível de ruído (medido em dB) entre outros. E como exemplo contextualizado de descritores de movimento temos: *onset e offset*, velocidade escalar, quantidade de movimento, agregado da Jerk, agregado da energia cinética e curvatura.

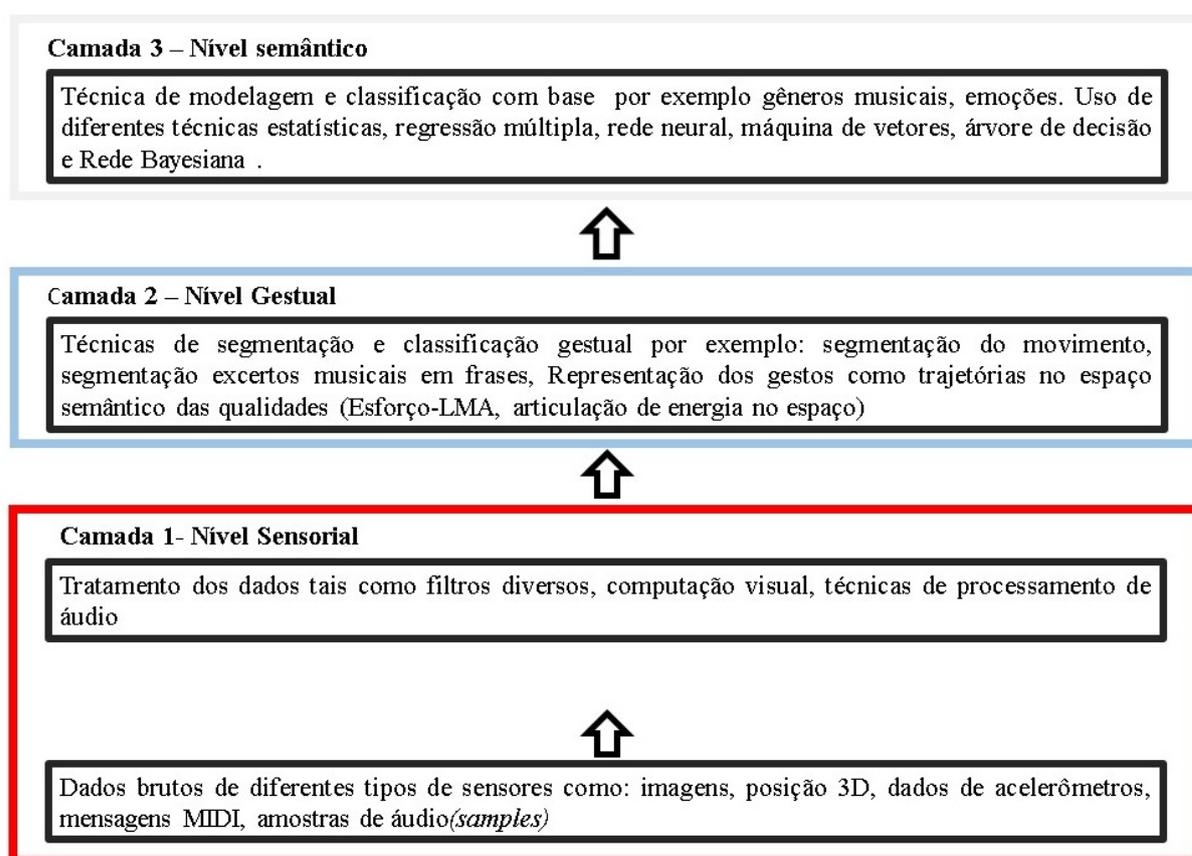
O nível gestual está relacionado à síntese (combinação) de algumas características de baixo nível. No nível gestual é comum que algumas características se associem e formem trajetórias de valores que mudam ao longo do tempo (ibid., 2008). Como, por exemplo, as qualidades morfológicas ligadas aos critérios de percepção: perfil melódico, perfil de massa, perfil dinâmico e também os arquétipos espectromorfológicos. Atentamos que grão e allure são critérios de sustentação e podem se manter no tempo, sem muita variação ou trajetória. Na dança podemos encontrar as combinações entre diferentes qualidades do movimento (espaço, fluxo, tempo e peso) como as ações incompletas, as ações básicas, as frases e motivos do movimento.

O nível semântico geralmente é empregado em pesquisas de recuperação de informação musical-*MIR* (*music information retrieval*) e na dança projeto de reconhecimento e

replicação de coreografias, tais como *Motion bank*⁸. Assim, em nossa pesquisa focaremos no nível sensorial com suas duas camadas e no nível gestual, o qual é o cerne dessa pesquisa. A baixo uma figura que apresenta o fluxo de dados e as camadas estruturais.

O nível gestual é um componente chave neste conceito, na medida em que pode ser visto como o mediador entre descrições com base sensorial e descrições semânticas. Geralmente contém trajetórias de características que refletem aspectos das articulações corporais (LEMAN, 2008, p.177, tradução nossa).

Figura 7 – Estrutura Conceitual em Camadas



Fonte: Adaptad(CAMURRI et al., 2003, p.5)

Vale relembrar o conceito de micro-integração formulado por Leman, que está na base de toda a estrutura conceitual em camadas:

A micro-integração permite aos seres humanos se comunicar com máquinas e extrapolar, melhorar, ou transferir os aspectos da nossa experiência multimodal para ambientes reais e virtuais. Realidades mistas e virtuais usam tecnologias das máquinas para lidar com a natureza multimodal da

⁸ <http://choreographiccoding.org/>

articulações corpóreas, intenções, expressões e expressividade” (LEMAN, 2008, p.141, tradução nossa).

Neste capítulo apresentamos um panorama acerca do termo gesto, abordando algumas perspectivas de pesquisadores em música que empregam e se relacionam com esse conceito. Apresentamos também outros autores que contribuíram para compreensão do termo gesto, autores relacionados ao contexto da linguagem e ao contexto das interfaces entre pessoas e computadores. A partir dessas perspectivas assumimos nossa definição de gesto: uma modulação de energia ao longo do tempo percebida como um todo, uma configuração/gestalt que carrega conteúdos expressivos. Seguimos explorando o conceito de gesto sonoro e gesto corporal na dança. Acerca do gesto sonoro apresentamos autores relevantes para nossa pesquisa: Pierre Schaeffer, Michel Chion, Trevor Wishart, Mark Sullivan, Robert Hatten e Dennis Smalley. Abordamos a relação do gesto com a morfologia dinâmica, campos perceptivos e arquétipos espectromorfológicos. No gesto corporal, na dança abordamos a análise de movimento de Laban - LMA e sua relação com a expressividade do movimento e conseqüentemente com o gesto. Na LMA, a categoria do Esforço está relacionada com o conteúdo expressivo do gesto através das dinâmicas dos fatores do movimento. Na seção 1.4 Discutimos a importância do tratamento/ interpretação de dados do movimento e mapeamento dos gestos no contexto das novas interfaces sonoras e instrumentos digitais. Depois, na seção 1.5 apresentamos alguns exemplos de trabalhos que empregam o gesto na interação entre modalidades diferentes. E finalmente, na seção 1.6 apresentamos os principais conceitos e ferramentas que serão empregadas em nossa proposta de interação e também na análise das obras. Nos próximos capítulos apresentaremos nossa proposta de interação gestual entre dança e música.

Capítulo 2

Ferramentas de interação

2 Ferramentas de interação

Neste capítulo, abordaremos como os dados oriundos do som e movimentos serão tratados a fim de obtermos uma relação gestual. Também apresentaremos nossa ferramenta para análise e classificação de gestos corporais. Ao final, será apresentada nossa proposta de associação e interação entre os gestos corporais e os sonoros.

2.1 Nível Sensorial

Discutiremos, nesta seção, os sensores de captura de movimento e som empregados nessa pesquisa: Microsoft Kinect, unidades de medição inercial (IMU) e microfones, que correspondem ao patamar mais baixo do nível sensorial, segundo a estrutura conceitual em camadas. Em seguida, abordaremos os descritores implementados, relacionados ao patamar mais alto deste mesmo nível sensorial.

2.1.1 Microfone e processamento de áudio

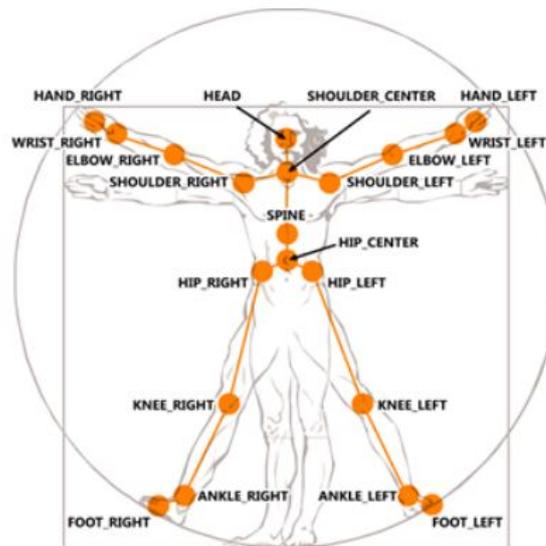
Na captação de sons instrumentais (destacando-se o berimbau), foi empregado o microfone condensador omnidirecional de lapela do fabricante Samson Concert 88 UHF, com resposta: 50Hz até 15KHz e taxa dinâmica de 100dB. Por ser um microfone de lapela sem fio, ele minimiza as alterações de captação sonora que poderiam ser causadas pela movimentação do músico que, ao mesmo tempo, fica menos tolhido em sua ação. O processamento de sons em tempo real, através da linguagem Max/Msp/Jitter, é realizado com uma frequência de amostragem de 48 KHz, 24 bits, e vetores de processamento de sinal e de saída de 64 amostras. As amostras de áudio utilizadas nos estudos e peças musicais são compatíveis com esta configuração. A saída de som está estruturada em dois canais, de acordo com a estereofonia tradicional.

2.1.2 Microsoft Kinect

O Microsoft Kinect é um sensor de captura de movimento inicialmente desenvolvido para jogos do console Xbox e Xbox one. Ele surgiu a partir do Projeto Natal coordenado pelo brasileiro Alex Kipman. O kinect é equipado com uma câmera de profundidade infravermelha. Basicamente, a câmera emite uma matriz de pontos de luz, e através de cálculos de reflexão, mapeia em três dimensões(3D) a cena. A partir desse modelo 3D é possível analisar as silhuetas volumétricas, e com o auxílio de aprendizado de máquina o sensor pode gerar esqueletos simplificados com os dados 3D de posição de diferentes partes e articulações do corpo humano, como representado na figura 8. No processo

de aprendizagem de máquina, além de inserção manual de instruções, foram utilizados bancos de dados de captura de movimentos criados com base em marcadores e câmeras infravermelhas, os quais são empregados em filmes e jogos. A Microsoft empregou um banco de dados com centenas de milhões de posições do corpo humano.

Figura 8 – Articulações



Cada círculo representa uma articulação que pode ser capturada pelo Kinect. Fonte: Kinect SDK

O Kinect funciona com uma taxa de amostragem de 30Hz e pode detectar objetos situados entre 0.5 e 4.5 metros de distância, com campo de visão vertical de 43 graus, e horizontal de 57 graus, aproximadamente, e alcance máximo de 4 metros de largura. A versão mais recente do sensor apresenta um campo de visão maior - de 60 graus na vertical e 70 graus na horizontal, aproximadamente - e alcance máximo de 6 metros de largura. Essa versão também apresenta, além de maior precisão, a detecção de outras articulações do corpo, como as dos dedos. O campo de visão desse sensor é um fator que impõe algumas restrições para o contexto de ocupação espacial de uma performance de dança interativa. Outro fator está relacionado à precisão do sensor, que é baixa quando ocorre a sobreposição de partes do corpo (joelhos na frente do quadril, por exemplo) e quando o corpo se apresenta de perfil; desse modo, busca-se mais a posição frontal para otimizar a captação do sensor. Outro fator relevante é a possível interferência de luz e calor na acuidade do sensor, baseado em radiação infravermelha, devendo-se também evitar a luz solar intensa e estudar as diferentes possibilidades de iluminação.

2.1.2.1 Descritores cinemáticos

A partir dos dados brutos fornecidos pelos sensores, é possível extrair algumas características do movimento. Essas características são calculadas a partir de diferentes descritores, que podem ser implementados computacionalmente, dessa forma caminhamos para o segundo patamar do nível sensorial. A pesquisa de Larboulette (2015), apresenta uma revisão acerca dos descritores de movimento empregados em diferentes áreas e nos serviu de base juntamente a outros trabalhos (RIMOOLDI; MANZOLLI, 2015). Primeiramente, apresentaremos os procedimentos de segmentação (onset e offset), que apresentam semelhanças entre os dois sensores utilizados nessa pesquisa. Encontramos trabalhos que adotam um procedimento de segmentação baseado em janelas temporais, cujos comprimentos podem ser ajustados manualmente ou automaticamente (RAN et al., 2015; MARANAN et al., 2014). No entanto, optamos pela segmentação a partir dos dados posicionais das partes/articulações do corpo, delimitando cada segmento da observação dos cruzamentos zero das curvas de aceleração. Esta abordagem foi empregada com sucesso em outros trabalhos de análise de movimento (ZHAO; BADLER, 2001; ZHAO; BADLER, 2005; BINDIGANAVALA, 2000). No Kinect, nós extraímos os dados de posição 3D gerados para cada uma das articulações do corpo. Esses dados são formatados em mensagens OSC pelo software NI MATE¹ e enviados para o ambiente de programação Max/Msp/Jitter. Toda junta é atribuída com um rótulo, que pode ser acessado como uma variável dentro dos patches e subpatches implementados. Os eixos de referência para os dados do torso são dados pela posição do Kinect (chamada referência mundo); as articulações restantes usam as coordenadas do torso como referência (chamada de referência do corpo). A partir desses dados, estimamos a velocidade tangencial de cada articulação calculando a distância euclidiana entre dois valores médios de cada coordena de posição (sua primeira derivada). A curva de aceleração é estimada pela segunda derivada. A figura 9 apresenta a representação das curvas de posição, velocidade e aceleração.

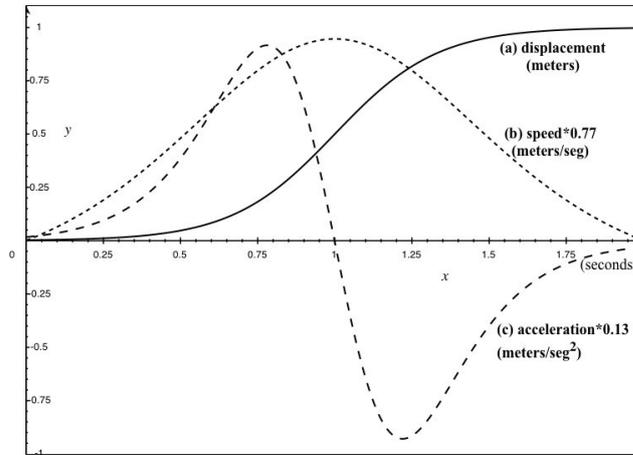
Para suavizar as irregularidades espaciais e temporais do dispositivo, aplicamos uma filtragem média móvel² a esses dados: utilizamos um filtro de 2 pontos para as curvas de deslocamento e um filtro de 4 pontos para as curvas de velocidade e aceleração.

O início de cada gesto é determinado quando a curva de aceleração excede um limite positivo (que é ajustável para cada articulação), e o final do gesto é definido, quando a curva de velocidade depois de ter atingido o valor mais alto, retorna a um valor limite próximo de zero, também ajustado para cada articulação. Essas comparações estão implementadas segundo a lógica de um *Schmitt trigger*. Os valores de velocidade e aceleração são calculados em relação à taxa de amostragem, em vez das unidades comuns

¹ <https://ni-mate.com>

² Este filtro não altera a frequência de amostragem do sinal. "O filtro de média móvel é ideal para uma tarefa comum: reduzir o ruído aleatório enquanto retém uma resposta de passo acentuada. Isso o torna o principal filtro para sinais codificados no domínio do tempo." (SMITH et al., 1997, p.277)

Figura 9 – Curvas de posição, velocidade e aceleração de um gesto unidirecional simples



para tempo e comprimento.

Os dados brutos de posição 3D de cada articulação fornecidos pelo kinect são preprocessados do seguinte modo:

$$\bar{x}_a(t) = \frac{1}{n} \sum_{m=0}^{n-1} x(t-m)$$

onde x representa os dados de posição do respectivo eixo, a é a articulação, t é o índice da amostra atual e n o número de pontos do filtro de média móvel. O mesmo cálculo é aplicado para as dimensões y e z .

$$P_a(t) = (\bar{x}_a(t), \bar{y}_a(t), \bar{z}_a(t))$$

$$v_a(t) = \overline{P_a(t)P_a(t-1)}$$

$$a_a(t) = \bar{v}_a(t) - \bar{v}_a(t-1)$$

Para cada gesto segmentado, estimamos os seguintes descritores a partir dos dados brutos do kinect:

- a) dur - duração do gesto em ms, ou o tempo decorrido entre o início e o final:

$$dur = t_f - t_i$$

- b) l_{total} - o deslocamento total em mm feito pela articulação, que é representado pela integração das distâncias euclidianas entre cada ponto adjacente:

$$l_{total} = \sum_{t=t_i}^{t_f} v_a(t)$$

- c) l_{if} - o módulo de deslocamento, que é o comprimento do segmento de linha entre os pontos inicial e final:

$$l_{if} = \overline{P_a(t_f)P_a(t_i)}$$

- d) l_{ratio} - a relação entre l_{total} e l_{if} :

$$l_{ratio} = \frac{l_{total}}{l_{if}}$$

- e) $\overline{v_{if}}$ - velocidade média:

$$\overline{v_{if}} = \frac{l_{total}}{dur}$$

- f) $\overline{a_{if}}$ - o valor médio dos valores absolutos de cada ponto na curva de aceleração:

$$\overline{a_{if}} = \frac{1}{N} \sum_{t=t_i}^{t_f} |a(t)|$$

- g) a_{ratio_if} - o valor absoluto da relação entre os valores médios de aceleração positiva e negativa:

$$a_{ratio_if} = \frac{\frac{1}{N_{pos}} \sum a_a(pos)}{\frac{1}{N_{neg}} \sum |a_a(neg)|}$$

- h) direção do gesto no eixo dos x: esquerda ou direita. É derivado da diferença entre os valores x de início e fim
- i) direção do gesto no eixo y: para cima ou para baixo. Calculado como em h
- j) direção do gesto no eixo z: frente ou atrás.

Note que os descritores h e j não são relacionados a perspectiva do dançarino, e sim dos eixos de referência do Kinect. Além disso, também extraímos a curva da velocidade no plano x/z do torso e outros qualificadores baseados em (NAVEDA; SANTANA, 2014; ALAOUI et al., 2012): um índice de contração/expansão, taxa de quantidade de movimento e a distância entre diferentes articulações.

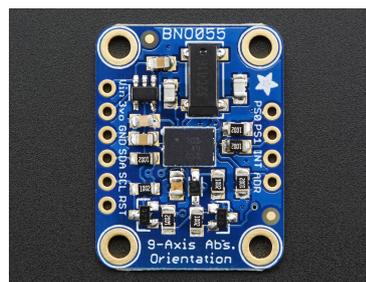
2.1.3 Unidades de medição inercial-UMI

Uma unidade de medida inercial é um conjunto de sensores que combinam acelerômetros, giroscópio e magnetômetros para medir a aceleração exercida em até três eixos e também a velocidade angular em três eixos. Esses sensores são utilizados em aviões, naves espaciais, embarcações, mísseis guiados para auxiliar a navegação. Atualmente, avanços tecnológicos diminuíram o tamanho, o peso e o custo desses dispositivos, ampliando assim o emprego em diferentes áreas tais como a captura de movimento humano. Aplicação de diferentes técnicas de filtragem e fusão de dados vem sendo empregadas com os dados

desses dispositivos afim de aperfeiçoar as medições e potenciar a orientação por meio dessas unidades, os principais algoritmos de fusão implementados são o Filtro de Kalman e Filtro Complementar. Quando uma UMI opera a partir da fusão geralmente elas são chamadas de *MARGs* (*Magnetic, Angular Rate and Gravity*) e podem determinar os dados de rotação absolutas. Alguns fabricantes de UMI acoplam ao dispositivo microprocessadores já com algoritmos de fusão implementados neles, desse modo os dados de saídas podem ser recebidos a partir da fusão de dados. Foi empregado nessa pesquisa esse tipo de UMI, o BNO055 da Adafruit³, o qual fornece os seguintes dados de saída:

- a) Orientação absoluta (Vetor Euler, 100Hz);
- b) Orientação absoluta (Quatérnios, 100Hz);
- c) Três eixos de velocidade angular(rotação) em rad/s;
- d) Vetor aceleração (100Hz) três eixo de aceleração (gravidade + movimento linear) em m/s^2 ;
- e) Vetor força do campo magnético (20Hz) Três eixo de detecção do campo magnético em micro Tesla (μT);
- f) Vetor aceleração linear (100Hz) três eixos de dados de aceleração linear (aceleração menos gravidade) em m/s^2 ;
- g) Vetor Gravidade (100Hz) Três eixos de aceleração gravitacional em m/s^2 ;
- h) Temperatura (1Hz) temperatura ambiente em graus Celsius

Figura 10 – BNO055 Adafruit



Fonte: <https://learn.adafruit.com/adafruit-bno055-absolute-orientation-sensor/overview>

Utilizamos um módulo Wifi ESP8266 NodeMCU⁴ para enviar os dados capturados pelo UMI via protocolo OSC⁵, desse modo podemos receber os dados em qualquer computador ou dispositivo conectado à rede. A programação do módulo Wifi com o sensor foi baseada nos trabalhos de RIMOLDI e MANZOLLI(2015). Acoplando o módulo

³ <https://learn.adafruit.com/adafruit-bno055-absolute-orientation-sensor/overview>

⁴ <http://www.nodemcu.com>

⁵ <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>

ESP8266 a uma bateria recarregável de Lítio desenvolvemos um dispositivo vestível que pode ser utilizado nos pulsos ou calcanhares do dançarino ou performer, como pode ser visto na [Figura 11](#) e na [Figura 12](#).

Figura 11 – UMI vestível



Figura 12 – UMI vestível no pulso



O UMI usado como um dispositivo vestível apresenta algumas vantagens em relação ao Kinect, pois amplia a possibilidade de ocupação espacial do dançarino, amplia a possibilidade de atuação em diferentes níveis e posturas tais como as sobreposições de partes do corpo, posturas laterais etc, além de não sofrer interferência com a luz. Porém os dados desse tipo de sensor não permitem o acesso direto aos dados de posição do corpo ou partes do corpo; para isso é necessário o uso de outras técnicas tais como a combinação entre diferentes UMI e algoritmos de correção, que não foram exploradas nessa pesquisa.

2.1.3.1 Descritores cinemáticos

Empregamos o mesmo tipo de filtro utilizado no Kinect nos dados brutos de aceleração linear fornecido pelo sensor BNO055, empregando um filtro de média móvel de 4 pontos e, posteriormente, um filtro que zera os valores de medidos quando o dispositivo está estático (ruídos). Para o UMI nós calculamos o módulo do vetor aceleração linear (aceleração tangencial), que corresponde à combinação dos três componentes de aceleração do movimento. O início de cada gesto é determinado quando a curva de aceleração tangencial excede um limite próximo de zero e o final é definido quando a curva encontra esse limite novamente.

Para cada gesto segmentado, estimamos os seguintes descritores a partir dos dados bruto do UMI:

- a) Acc – corresponde ao módulo da aceleração tangencial - $Acc = \sqrt{(accx^2 + accy^2 + accz^2)}$
- b) Dur – corresponde a duração do movimento:

$$dur = t_f - t_i$$

- c) V – corresponde ao módulo do vetor velocidade calculado através da integral de Acc :

$$v(T) = \sum_{t=0}^T \frac{Acc(t) + Acc(t-1)}{2} \Delta t$$

- d) $|JerkAcum|$ - corresponde ao somatório da $Jerk$ (taxa de variação da aceleração do movimento) durante o gesto:

$$|JerkAcum| = \frac{1}{N} \sum_{t=t_i}^{t_f} \Delta Acc(t)$$

- e) $|AngularAcum|$ - corresponde ao somatório do módulo da resultante das velocidades angulares do gesto, módulo da resultante pode ser calculado desse modo: $|Vel.angular| = \sqrt{(vel.angularX^2 + vel.angularY^2 + vel.angularZ^2)}$. Assim, $|AngularAcum|$ corresponde a soma dos módulos da resultante das velocidades angulares do início do movimento até o fim do movimento:

$$|AngularAcum| = \sum_{t=t_i}^{t_f} |Vel.angular(t)|$$

- f) $|Eacum|$ - corresponde à somatória da energia cinética - a energia cinética pode ser calculada desse modo: $E = V^2/2$, onde V é o módulo do vetor velocidade. Assim, a soma da energia cinética corresponde à soma de E do início do movimento até o fim do movimento:

$$|Eacum| = \sum_{t=t_i}^{t_f} E(t)$$

2.2 Nível gestual

Segundo as descrições acerca dessa camada observamos que:

Geralmente, as características se correlacionam entre si e formam trajetórias de valores que mudam ao longo do tempo. Muitas vezes, essas trajetórias sensoriais podem ser reduzidas a trajetórias em espaços de baixa dimensão. Diferentes tipos de redução são possíveis e diferentes tipos de espaços podem ser considerados (LEMAN, 2008, p.195, tradução nossa).

O gesto corresponde a uma trajetória nesses espaços:

Tipicamente, um gesto é então uma trajetória nesses espaços, e cada trajetória pode ser um ponto em uma trajetória relacionada a um (super)espaço (CAMURRI et al., 2001, p.3, tradução nossa).

Nessa camada, a partir das relações entre os diferentes descritores e características, buscamos analisar essas trajetórias a fim de interpretar as qualidades gestuais. No estudo

dos movimentos corporais, optamos pela caracterização gestual a partir da análise dos dados da camada inferior (sensorial), discutidos acima. A partir deles, estimamos os fatores do Esforço de Laban, e sua combinação em ações básicas. Já na abordagem sonora, optamos pela escolha de gêneros distintos de objetos sonoros que, conforme já mencionado, são constituídos por feixes de critérios morfológicos (seção 1.2). Nesta tarefa, a principal ferramenta foi a escuta reduzida⁶ de Schaeffer. Também empregamos softwares como *Sonic Visualiser* e *Audacity* para auxiliar a avaliação. Não nos limitamos a objetos sonoros simples, mas também consideramos espectro-morfologias mais complexas como partes desse nível gestual. É neste nível que fazemos uma opção metodológica importante: associamos a escolha dos gestos sonoros (e de alguns tipos de processamento sonoro) aos fatores do Esforço de Laban. Isto se justifica pelo fato de que o esforço, segundo Laban, está diretamente relacionado ao caráter expressivo e energético do movimento e que os gestos sonoros também podem ser caracterizados de modo semelhante. Assim nos aproximamos da possibilidade levantadas por Fernandes de que a Análise do movimento de Laban pode contribuir para um idioma interartes (FERNANDES, 2006).

2.2.1 Gestos sonoros e fatores de Esforço

Diferentes características perceptivo-morfológicas dos sons que compõem os gestos sonoros podem ser associadas a diferentes fatores de Esforço de Laban. O mesmo pode ocorrer com diferentes modalidades de processamento sonoro.

As tabelas a seguir indicam as associações que consideramos mais pertinentes para cada um dos fatores de Esforço em separado.

Tabela 3 – peso - leve ou forte

Critérios morfológicos do som/proc.	leve	forte
massa-tessitura	médio/agudo	médio/grave
massa-complexidade	componentes epectrais espaçados	densa
grão	pouco acentuado	acentuado
dinâmica	mezzopiano/piano	forte/mezzoforte
Filtros de frequência	passa alta	passa baixa
síntese granular	-	sim
ganho	atenuar	intensificar

A seguir serão apresentados exemplos de gestos sonoros relacionados a cada ênfase de qualidades/fatores do esforço. As amostras de áudio podem ser acessadas pelo site:

⁶ “[...] atitude de escuta que consiste em escutar o som em si mesmo, como objeto sonoro, abstraindo de sua proveniência real ou suposta, e do sentido que ele aporte. [...] Na escuta reduzida, o que a nossa intenção de escuta visa o acontecimento do objeto sonoro em si (e não para o qual remete), são os valores que ele aporta em si (e não aqueles dos quais é o suporte)” (CHION, 1983, p.31-32).

Tabela 4 – espaço - indireto ou direto

Critérios morfológicos do som/processamento	indireto	direto
perfilde massa-melódico	ampla variação	pouca variação
timbre harmônico	complexo	simples/tônico
grão	acentuado	pouco acentuado
allure	acentuado	atenuado
Frequency Shifter	sim	-
síntese granular	sim	-
vibrato	sim	-

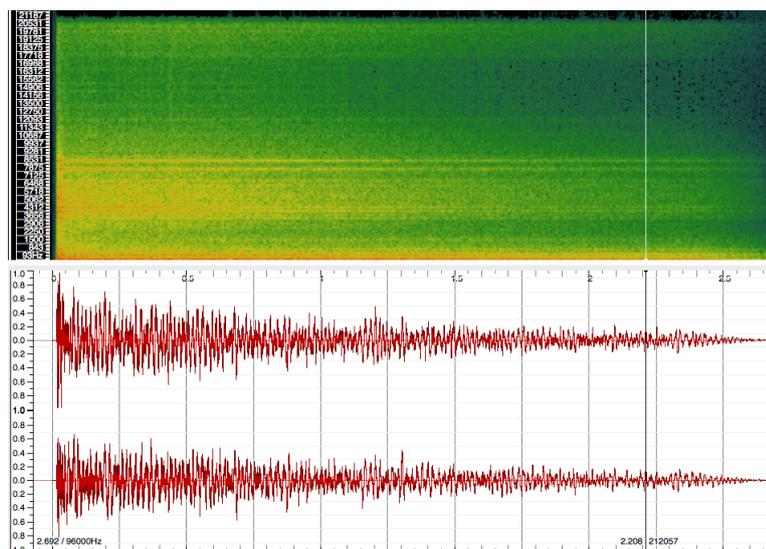
Tabela 5 – tempo - súbito ou sustentado

Critérios morf. do som/processamento	súbito	sustentado
<i>Arquétipos espectralmorfológicos</i>	ataque-impulso/ataque-decaimento	continuação gradual
duração	curta	longa
Envelopes dinâmicos	fades de entrada e saída	prolongadores

<<https://leandrossouza.wixsite.com/entregestos/repertoire>>. Nos gráficos dos exemplos a seguir temos o tempo em segundos no eixo X, frequência em escala linear nos espectrogramas no eixo Y e decibel em escala linear nos gráficos de forma de onda no eixo Y.

Gesto forte, exemplo 1 - dinâmica forte/fortíssimo, tessitura médio/grave, massas complexas e densas. Percebemos no espectrograma alta densidade da massa.

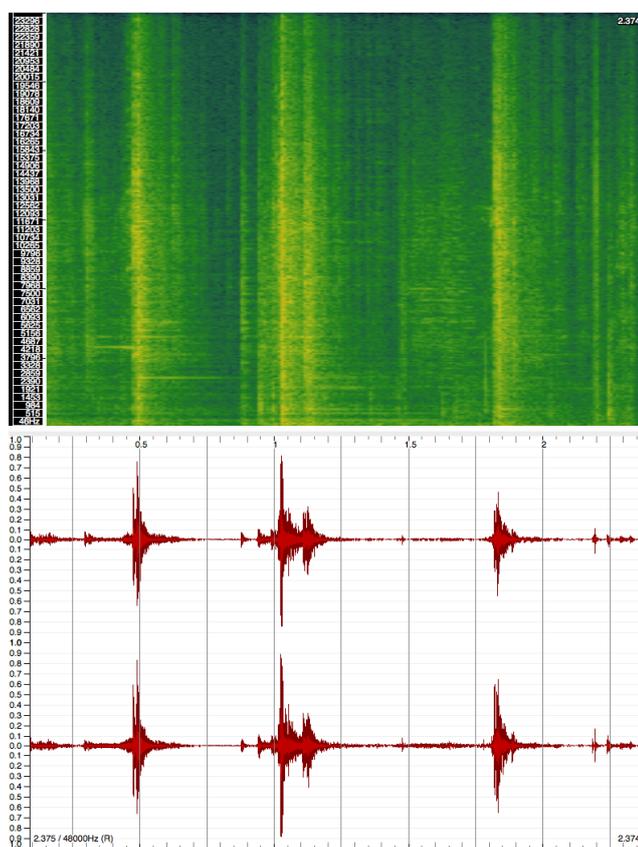
Figura 13 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto forte



Gesto leve, exemplo 2 - dinâmica mezzopiano/piano, tessitura médio/agudo, massa com amplo espaçamento espectral. Podemos perceber no espectrograma que os

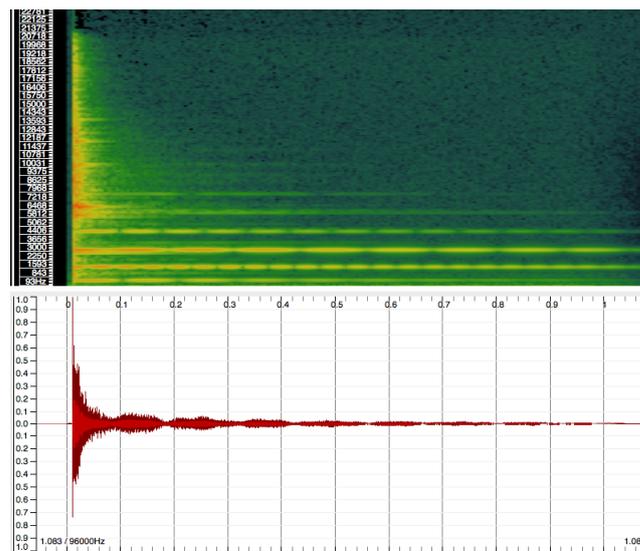
componentes espectrais são bem dispersos.

Figura 14 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gestos leves



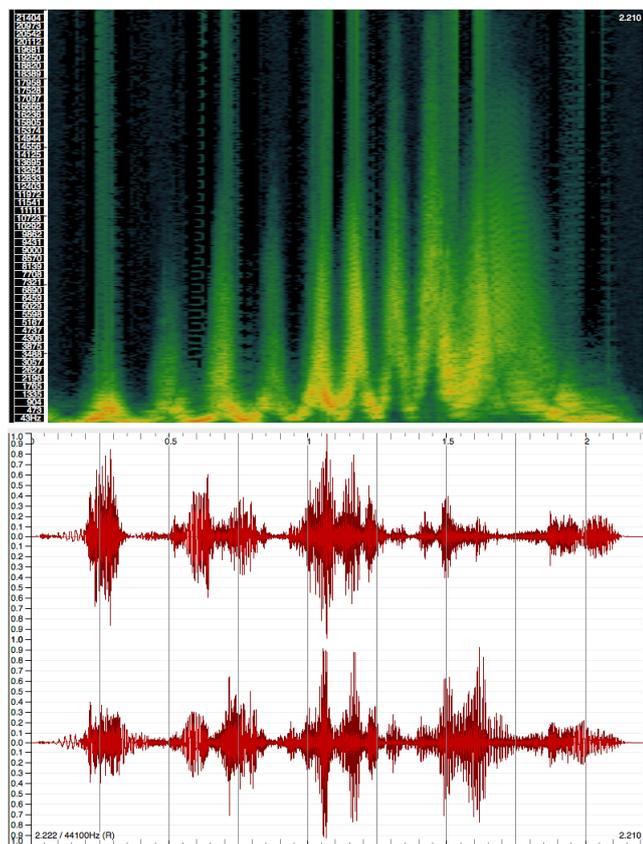
Gesto direto, exemplo 3 - pouca presença de allure e poucas variações de perfil de massa e melódico.

Figura 15 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto direto



Gesto indireto, exemplo 4 - Allure enfatizado, amplas variações no perfil de massa e melódico. Podemos perceber no espectrograma variações do perfil de massa e melódico observados pelas cores em tons de vermelho e amarelo.

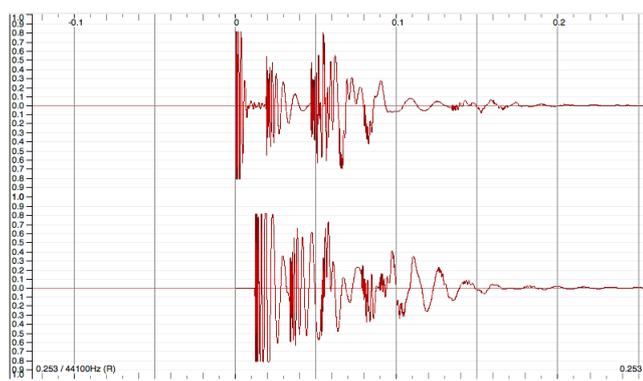
Figura 16 – Espectrograma e gráfico da forma de onda Gesto indireto



Arquétipos espectro morfológicos podem ser empregados de forma mais direta com as ações básicas do Esforço. Por exemplo:

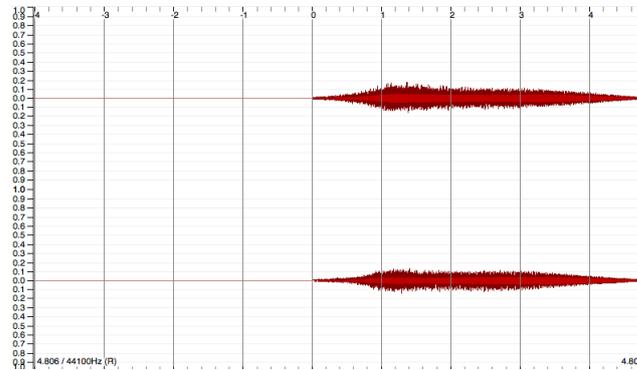
Socar - associado com arquétipos ataque e ataque-decaimento.

Figura 17 – Ações Básicas do esforço: socar



Flutuar - associado com arquétipo continuação gradual.

Figura 18 – Ações Básicas do esforço: flutuar



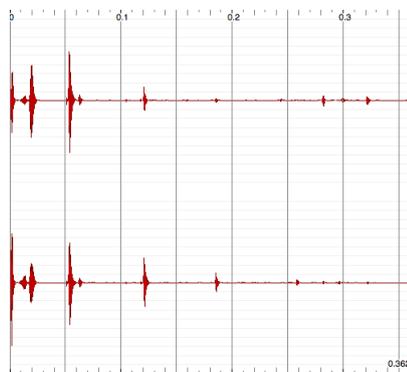
Pontuar - associado ao arquétipo ataque.

Figura 19 – Ações Básicas do esforço: pontuar



Sacudir/pincelar - associado ao arquétipo ataque decaimento e iteratividade.

Figura 20 – Ações Básicas do esforço: sacudir/pincelar



2.2.1.1 Estimando os fatores do Esforço de Laban a partir do Kinect

Como os fatores de esforço são qualidades dinâmicas, podem ocorrer movimentos nos quais um ou mais fatores não têm uma ênfase expressiva e, portanto, permanecem latentes. Laban (1978) considera tais movimentos como esforços incompletos. Com base nessa concepção, também achamos útil definir uma região neutra entre os dois pólos de cada fator. Exemplos de qualificação de gesto a partir do kinect podem ser acessados no site: <<https://leandrossouza.wixsite.com/entregestos/gestos-corporais>>

Fator espaço: esse fator está diretamente relacionado ao índice do descritor l-ratio. Quanto mais tende ao valor 1, mais o gesto é considerado direto. Os valores práticos para os limites baixos e altos da zona neutra devem ser definidos após muita observação, uma vez que há muitas variações entre as diferentes articulações do corpo (e também entre indivíduos diferentes).

Tabela 6 – Fator espaço

Condição	Resultado
$l\text{-ratio} < \text{limite baixo}$	direto
$\text{limite baixo} < l\text{-ratio} < \text{limite alto}$	neutro
$l\text{-ratio} > \text{limite alto}$	indireto

Fator Peso: A estimativa desse fator apresenta dificuldades insuperáveis para um método baseado na cinemática, como a estimativa de forças estáticas presentes em cada gesto. Mesmo assim, propomos uma tentativa de medir esse fator com base no movimento assumido, baseado em suposição que um gesto mais forte deve gastar mais energia cinética (relacionada a valores mais altos de aceleração e força) do que um mais leve. Até agora, esse fator é calculado por meio do descritor $\|Acel\|$. Os fatores de força para cada articulação também foram definidos heurísticamente.

Tabela 7 – Fator peso

Condição	Resultado
$\ Acel\ < \text{limite baixo}$	leve
$\text{limite baixo} < \ Acel\ < \text{limite alto}$	neutro
$\ Acel\ > \text{limite alto}$	forte

Fator Tempo: usamos o descritor duração para estimar essa qualidade gestual. Mais uma vez, valores úteis para o limite de duração e para o fator de força devem ser definidos após a observação e análise.

Tabela 8 – Fator tempo

dur < limite	accel > fator de força	resultado
sim	sim	súbito
sim	não	neutro
não	sim	neutro
não	não	sustentado

2.2.1.2 Estimando os fatores do Esforço de Laban a partir do UMI

Similar a abordagem com o Kinect, nós empregamos uma região neutra relacionada ao estado latente de algum fator. Exemplos de qualificação de gesto a partir do UMI podem ser acessados no site: <<https://leandrossouza.wixsite.com/entregestos/gestos-corporais>>

Fator espaço: este fator está relacionado ao descritor $|AngularAcum|/Dur$. Quanto maior é o valor de $|AngularAcum|/Dur$ mais curvas o movimento deve ter realizado e assim tende a ser indireto. Os valores práticos para os limites baixos, altos e da zona neutra devem ser definidos após muita observação.

Tabela 9 – Fator espaço

Condição	Resultado
$ AngularAcum /Dur < \text{limite baixo}$	direto
$\text{limite baixo} < AngularAcum /Dur < \text{limite alto}$	neutro
$ AngularAcum /Dur > \text{limite alto}$	indireto

Fator peso: é calculado por meio do somatório da energia cinética ($|Eacum|$) e o somatório da Jerk ($|jerkAcum|$). Pressupomos que um gesto forte deve gastar mais energia cinética do que um mais leve e que também deve apresentar mais impulso (jerk).

Tabela 10 – Fator peso

Condição	Resultado
$ Eacum \text{ e } jerkAcum < \text{limite baixo}$	leve
$\text{limite baixo} < Eacum \text{ e } jerkAcum < \text{limite alto}$	neutro
$ Eacum \text{ e } jerkAcum > \text{limite alto}$	forte

Fator tempo: está relacionado à duração do movimento, valores úteis para o limite de duração devem ser definidos após a observação e análise.

Tabela 11 – Fator Tempo

Condição	Resultado
$dur < \text{limite baixo}$	súbito
$\text{limite baixo} < dur < \text{limite alto}$	neutro
$dur > \text{limite alto}$	sustentado

2.3 Estudo de caso: improvisando trechos do ballet *Petrushka*

A fim de obter uma visão geral das relações entre o pulso, caráter da música, ritmos e qualidades dos gestos do corpo de um dançarino, desenvolvemos um estudo de caso com base na improvisação em dança⁷. Escolhemos alguns excertos curtos do *Petrushka de Stravinsky* - nenhum deles excede 15 s -, que apresentam um pulso claro e também uma diversidade rítmica e orquestral⁸, conforme descrito na Tabela 12. Esse estudo teve também como propósito o desenvolvimento de ferramentas de análise de qualidades gestuais de dançarinos. Uma dançarina - uma estudante de graduação, Maria Paula Carvalho - foi convidada a improvisar livremente em cada um dos excertos, não muito tempo depois de se familiarizar com eles. Ela estava ciente das limitações impostas pelo Kinect, como restrições de distância, rotação e planos. Nesse estudo empregamos outro software para enviar os dados do Kinect, o software Synapse⁹. Ele envia os dados da posição 3D para 15 articulações: cabeça, pescoço, torso, ombros esquerdo e direito, braços, mãos, quadris, joelhos e pés. Cada performance de dança sobre os trechos também foi registrada de forma síncrona em áudio e vídeo¹⁰. Um excerto (strav4) teve seus dados corrompidos.

Tabela 12 – Excertos e pulsos

Excerto	Número de ensaio	Pulso na partitura/medido(BPM)
strav0	105	84/82
strav1	72	60/64
strav2	13	100/95
strav3	29	138/135
strav5	69	116/112
strav6	100	69/68
strav7	110-111	112/108
strav8	50	76/70
strav9	96	138/120

2.3.1 Discussão

Analisamos os dados gerados pelos procedimentos de segmentação gestual e qualificação em três estratégias complementares: uma visão geral da articulação de gestos em relação aos pulsos musicais; um resumo quantitativo das ações de esforço básico em cada uma das interpretações; uma abordagem qualitativa da relação entre os pulsos musicais

⁷ Esse estudo de caso serviu de base para dois artigos:(1) Towards an Interactive Tool for Music and Dance: Gestures, Laban Movement Analysis and Spectromorphology. MÚSICA HODIE , 2018.(2)Segmentação e qualificação de gestos de dançarinos: implementação de uma ferramenta interativa e resultados preliminares In: XXVII Congresso da Anppom, 2017, Campinas. Anais do XXVII Congresso da Anppom , 2017. v.27.

⁸ Os números de ensaio usados foram a versão de 1912 da partitura orquestral (Stravinsky, 1912) E usamos a gravação feita pela Cleveland Orchestra (Stravinsky, 1992) para medir os pulsos médios.

⁹ <http://synapsekinect.tumblr.com>

¹⁰ Os vídeos podem ser baixados no site: <http://www.musica.ufmg.br/sfreire/wordpress/>

e as ações básicas de esforço. Também adicionamos uma ação de esforço básico neutro, definida como um gesto que apresenta a qualidade neutra em todos os três fatores. Durante (ou depois) o processo de segmentação, é possível traçar o momento inicial e a duração de cada gesto em relação ao pulso do trecho musical. Esta tela ajuda a obter uma visão geral da estratégia do dançarino para a improvisação, conforme descrito na Figura 21. Optamos por discutir o excerto *strav7*, porque tem uma estrutura rítmica interessante, começando no contratempo e terminando com acordes no tempo. Os pulsos do excerto foram anotados por meios manuais (pressionando a barra de espaço), com a intenção de se aproximar da percepção do pulso pelo dançarino. Inicialmente, podemos observar uma tendência para iniciar um gesto seguindo os pulsos, como se ocupasse o tempo-forte silencioso: membros inferiores (pés e joelhos) nos pulsos quarto e sexto, gestos dos membros superiores (cotovelos e mãos) nos quinto e sétimo pulsos. Então observamos que os gestos tendem a começar mais livremente em torno dos pulsos e, no final - quando o som e os pulsos se juntam - observamos uma busca de sincronia expressada por várias articulações.

Figura 21 – Segmentação do excerto *strav7*

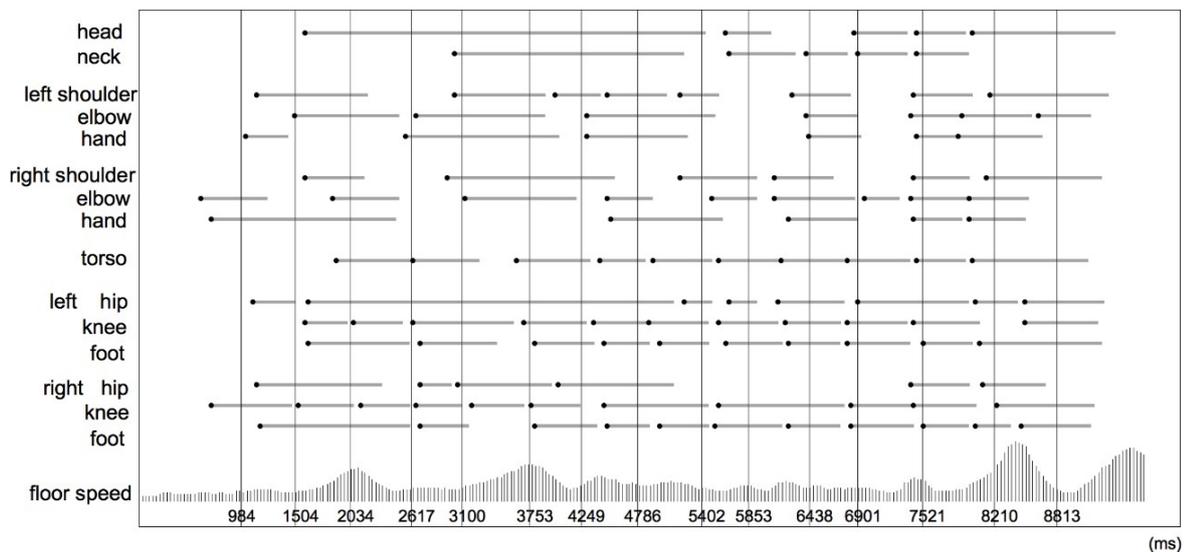


Figura 22 – Partitura da redução para piano do excerto *strav7*

A extração das ações de esforço básico apresentou exemplos de apenas quatro ações: socar, deslizar, chicotear e flutuar. Isso significa que toda ação forte foi súbita, e que todas as ações leves também foram sustentadas. Qualquer um deles pode ser direto ou indireto. A Tabela 13 apresenta a quantidade de cada ação detectada em cada interpretação. Observe que a dançarina realizou duas performances diferentes do sexto excerto.

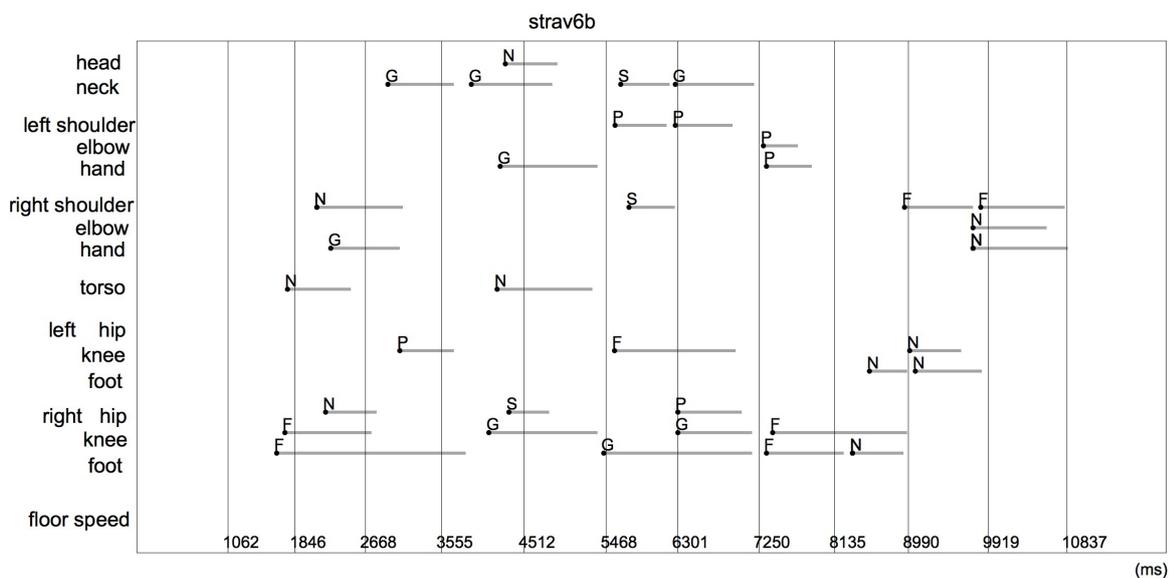
Tabela 13 – Excertos e pulsos

	total	P	G	S	F	N
strav0	116	6	1	8	9	16
strav1	95	11	3	1	5	21
strav2	110	9	5	5	6	7
strav3	62	3	1	7	7	4
strav5	113	8	1	9	11	13
strav6a	101	4	5	2	3	15
strav6b	124	4	5	2	3	15
strav7	124	13	3	9	7	13
strav8	97	5	7	3	10	13
strav9	132	14	3	6	6	28

Apesar deste rigoroso processo de filtragem (rejeitando 70-85% do total), ainda restam muitos gestos simultâneos (ou quase). Em média, o número de ações neutras é igual ao de ações extremas (socar e flutuar), embora existam desvios individuais significativos. A música no excerto *strav8* apresenta gestos rápidos em um solo de piano, e a dança realizada foi com uma maioria de ações leves (flutuar e deslizar). De outro lado, *strav7* e *strav9* têm um caráter muito rítmico, e foram realizados com a maioria dos gestos fortes (socar). O excerto *strav6a* apresentou a menor porcentagem de todas as ações de esforço

realizadas (13,8%) e a segunda porcentagem mais alta de gestos neutros (14,8%). Este trecho tem pulso lento e explora sons muito graves e muito agudos. O strav5 tem um pulso rápido, onde o trompete e a caixa-clara têm evidência, e foi realizado com uma boa quantidade de ações indiretas e fortes. Somente no strav6b, podemos observar uma tendência constante de iniciar (ou acabar) uma ação em torno do pulso, como mostra a Figura 23. Não encontramos nenhuma correlação rigorosa entre os pontos iniciais ou finais das ações (tomadas individualmente ou como um todo) e os pulsos musicais.

Figura 23 – Segmentação do excerto strav6b e ações básicas



Nesse capítulo apresentamos as principais ferramentas e dispositivos técnicos que empregamos na pesquisa. Apresentamos o funcionamento dos sensores partindo dos dados brutos até os níveis mais complexos de descrição da informação e como foram implementados os descritores nos diferentes níveis. Também buscamos reportar os métodos de classificação, associação de gestos e como foram aplicados computacionalmente nas ferramentas de interação por nós desenvolvidas. No próximo capítulo apresentaremos as estratégias de composição interativas com base nas ferramentas propostas.

Capítulo 3

Estratégias e práticas de composição interativa

3 Estratégias e práticas de composição interativa

Gostaríamos primeiramente de mencionar, de forma bem abreviada, criações que serviram como fonte de inspiração e de reflexões para o presente trabalho. Apesar de não ser mediada por tecnologias interativas, a *Symphonie d'un homme seul*¹, composta por Pierre Schaeffer e Pierre Henry em 1949-1950, merece uma menção especial. Coreografada por Maurice Béjart, e interpretada por Béjart e Michéle Seigneuret na estreia em 26 de julho de 1955, esta obra tornou-se o primeiro ballet baseado em uma música concreta.

Outra obra significativa foi *Variations V(1965)*², trabalho colaborativo entre John Cage, Merce Cunningham, David Tudor e Gordon Mumma. Essa obra foi pioneira na interação entre música e dança com mediação tecnológica, onde diversos sensores foram dispostos sobre o palco para detectar a aproximação dos dançarinos, dessa ação foram mapeados parâmetros de síntese sonora e acionamento de amostras sonoras.

Ao longo dos anos novas possibilidades de interação entre música e dança surgiram em medida que novos dispositivos tecnológicos foram se desenvolvendo, como câmeras infravermelhas, sensores ópticos, unidades de medição inercial, sensores de presença (infravermelho e ultrassom), microcontroladores, etc. Assim, podemos citar alguns trabalhos que exploraram esses novos dispositivos e que serviram de base para o desenvolvimento dessa pesquisa: *Topos* (NAVEDA; SANTANA, 2014), *Metaflauta*(RIMOOLDI; MANZOLLI, 2015), *Roosna&Flak*³, Schacher(2010) e Maranan et al(2014).

Porém, as questões fundamentais acerca do processo de interação entre as diferentes artes permanecem, e ganham novas nuances com o surgimento de novas possibilidades. O trabalho do compositor nesse contexto não é apenas mapear informações, e sim buscar estratégias que consideram os aspectos expressivos das duas modalidades artísticas, por meio da interpretação dos dados disponíveis e de sua integração a algum referencial conceitual/estético.

Estar ciente da física subjacente ao movimento não implica necessariamente uma solução musical óbvia. Na verdade, uma vez que computadores apenas simulam eventos do mundo real, a adulteração das leis aparentes da física é um luxo tornado possível em ambientes virtuais. Estando ciente dessas leis, é possível alterá-las para obter efeitos artísticos provocativos e intrigantes, criando modelos de resposta exclusivos do computador. Uma atividade mais furiosa e extenuante, por exemplo, poderia resultar em sons mais tranquilos e silêncio. Ao mesmo tempo, um pequeno mas

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=V8dCdQ3iTrc>

² <https://vimeo.com/85158350>

³ <https://www.roosnaflak.com>

deliberado aceno de cabeçoderia desencadear uma explosão de sons. Tais correlações "não naturais" tornam o movimento ainda mais significativo (WINKLER, 1995, p.29, tradução nossa).

Neste capítulo apresentaremos as propostas de interação entre música e dança que desenvolvemos na pesquisa. Nós buscamos o processo de microintegração entre diferentes níveis de descrição dos dados do som e do movimento, sobretudo a interação no nível gestual.

3.1 Seleção de gestos, mapeamentos, acionamentos, flexibilidade

Iniciaremos descrevendo as interações que ocorrem dentro da primeira camada estrutural: Nível Sensorial. Nessa camada desenvolvemos sete principais tipos de interação:

- a) Início ou final de gesto como acionador de eventos – inícios e finais de gestos corporais e sonoros acionam eventos tais como amostras sonoras e ou transições de fase da peça;
- b) Aproximação entre articulações corporais como acionador de eventos – a distância entre duas articulações diferentes pode ser usada para acionar eventos, por exemplo quando as mãos do performer ficam mais próximas dentro dos limites de detecção ou quando se afastam;
- c) Velocidade no chão (plano XZ) como acionador de eventos - a partir de um limiar de velocidade no chão é acionado algum evento;
- d) Sincronização entre gestos sonoros ao vivo e corporais – a partir de um limiar de sincronização entre os inícios de gestos sonoros e corporais é acionado um processamento de áudio que prolonga e sustenta o som iniciado dentro do limiar de sincronização. O som prolongado termina com o final do gesto corporal;
- e) Energia cinética mapeando parâmetros de síntese granular – foi utilizado um processamento de áudio por síntese granular⁴ que apresenta cinco parâmetros principais: altura, espalhamento estereofônico, velocidade, tamanho dos grãos, aleatoriedade da posição de leitura. Empregamos o fluxo de energia cinética (subseção 2.2.1.2) no mapeamento da altura, velocidade e tamanho dos grãos. Para isso determinamos um limiar de atuação, gestos que estão a cima de um limiar de energia cinética atuam em uma faixa de alturas mais altas, grãos de tamanho menores e velocidade maiores, e vice-versa.
- f) Módulo da resultante das velocidades angulares mapeando parâmetros de síntese granular – Foi utilizado um processamento de áudio por síntese granular, programado pelo autor, que apresenta cinco parâmetros: quantidade de grãos,

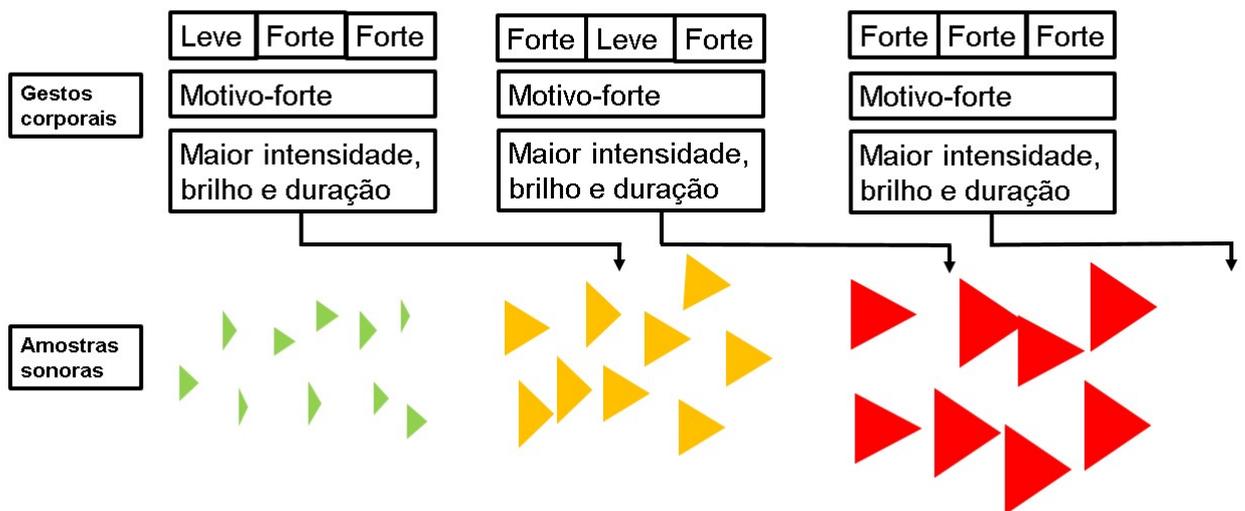
⁴ <https://www.timorozendal.nl/?p=456>

tamanho dos grãos, intensidade do grão, espaçamento entre os grãos, sobreposição dos grãos. Empregamos o módulo da resultante das velocidades angulares (subseção 2.2.1.2) no mapeamento do tamanho dos grãos, quantidade de grãos e sobreposição dos grãos de forma semelhante a interação anterior. Determinamos um limiar de atuação, gestos com maiores módulos da resultante das velocidades angulares acima do limiar atuam em uma região com maior quantidade de grãos, grãos menores e maior sobreposição de grãos, e vice-versa.

- g) Aproximação/afastamento de articulações mapeando Frequency Shift – empregamos a distância entre algumas articulações para atuar em parâmetros de processamento de modulação de frequência, assim quando a distância atinge um limiar a modulação ocorre e a variação fica relacionada com a distância, e a partir daí a variação da frequência moduladora fica diretamente proporcional à distância.

Também exploramos interações entre o nível gestual e o nível sensorial. Aplicamos o conceito de motivos, isto é, a ênfase em determinada qualidade ao longo de uma frase de gestos corporais. Assim, por exemplo, a cada grupo de três gestos corporais analisamos o fator peso e se o motivo for forte aumentamos a intensidade, duração e brilho das amostras de som acionadas com os inícios dos gestos corporais, e vice-versa. Exemplo representado na figura 24

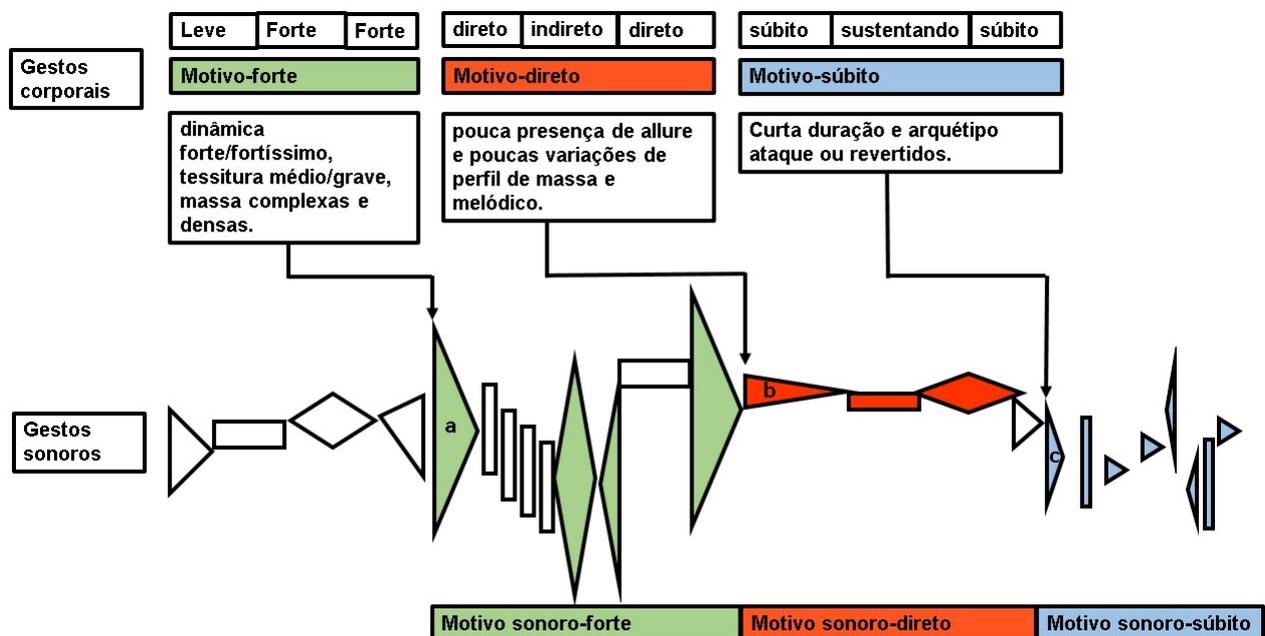
Figura 24 – Interação entre nível gestual e o nível sensorial



Para interações no nível gestual nós desenvolvemos quatro tipos principais:

- a) Motivos gestuais - Baseando-se nas relações espectralmorfológicas apresentadas na [subseção 2.2.1](#), criamos algumas sequências de sons que formam gestos sonoros com ênfase em algum fator/qualidade de movimento. Os gestos da performance são analisados e agrupados, ao final de três gestos corporais obtemos a ênfase do motivo gestual e acionamos uma próxima sequência de gestos sonoros relacionada com a ênfase anterior.

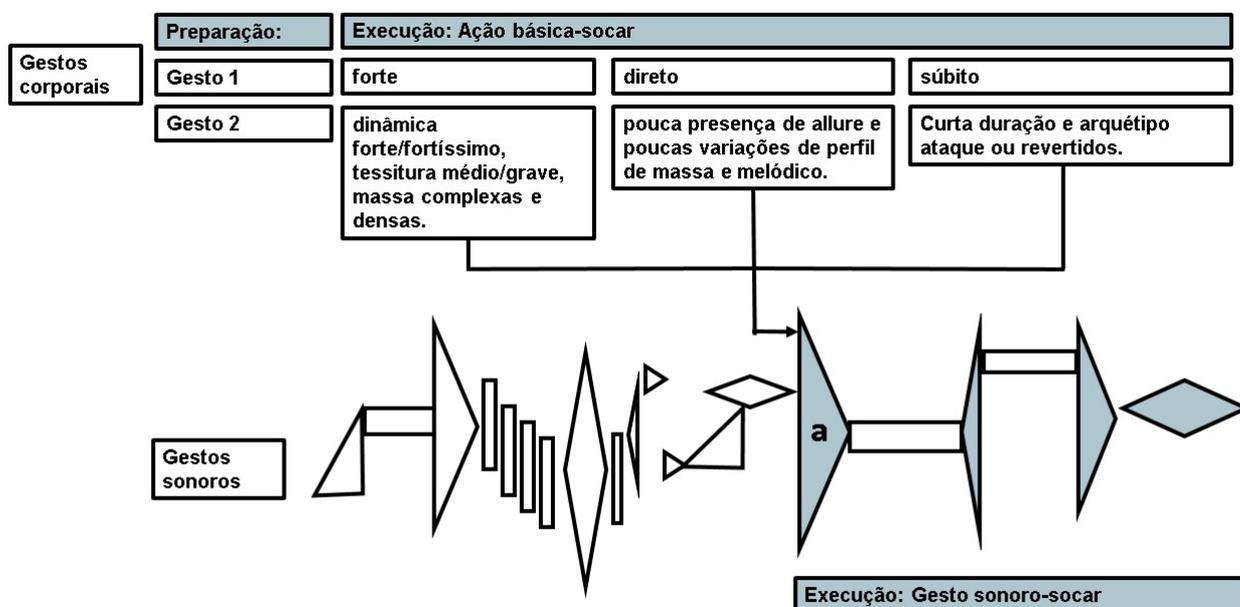
Figura 25 – Interação entre nível gestual (a)



- b) Preparação e execução - Na preparação, os gestos da performance não acionam nenhum gesto sonoro, cada preparação é formada por dois gestos, após a fase de preparação ocorre a execução, qual o gesto do dançarino é analisado e aciona ao seu final uma amostra sonora. Essa amostra sonora tem como base a associação dos arquétipos sonoros/espectralmorfológicas e as ações básicas do esforço, figura 26. Também exploramos o conceito de complementaridade, o qual é a busca de estabelecer um equilíbrio no corpo nas sequências de movimentos e combinação de qualidade/fatores, denomina-se recuperação a ocorrência de uma ação contrastante após uma ação inicial. Se por exemplo, em uma frase expressiva ocorre a ênfase em qualidades condensadas de peso e espaço (forte e direto). Assim a amostra de som acionada na fase execução pode estar relacionada à recuperação da fase de preparação com ênfase nos opostos (leve e indireto) ou em outras qualidades como leve e livre, como mostra a figura 27. Podemos

variar a quantidade de gestos de preparação como por exemplo, três gestos de preparação e um de execução.

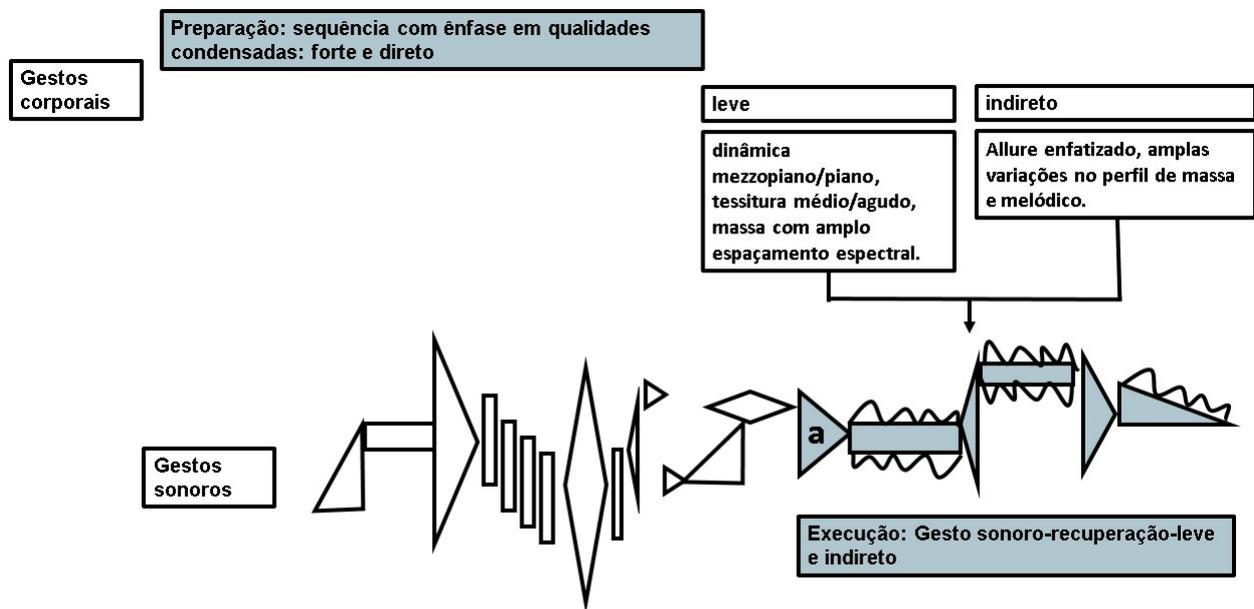
Figura 26 – Interação entre nível gestual (b1)



- c) Movimento de textura - Uma textura sonora é executada e os gestos do dançarino são analisados e agrupados de três em três gestos. Se ações básicas predominantes são lutantes /resistentes (socar, pontuar, pressionar e chicotear) as camadas iterativas e estriadas da textura são acentuadas, se as ações básicas indulgentes/complacentes (flutuar, torcer, sacudir/pincelar e deslizar) predominarem as camadas sustentadas e lisas são acentuadas.
- d) Memória Gestual - o início do gesto corporal aciona a gravação do gesto sonoro executado naquele instante, podendo ser proveniente de amostras sonoras ou do instrumento executado ao vivo. Cada gravação é associada com a ação básica do gesto que iniciou a gravação, assim, em outra seção, o final de algum gesto e sua qualificação segundo as ações básicas⁵ pode acionar (relembrar) algum dos gestos sonoros gravados anteriormente. Por exemplo, um gesto flutuar realizado com a mão direita grava um gesto sonoro executado naquele instante e, em um momento posterior, o pé direito pode realizar uma ação flutuar e disparar esse gesto sonoro guardado na memória. Essa interação não foi empregada nas obras até o momento.

⁵ É bom recordar que a qualificação do gesto corporal se dá apenas no seu término.

Figura 27 – Interação entre nível gestual (b2)



3.2 Processos criativos

Nesta seção apresentaremos dois processos criativos desenvolvidos durante essa pesquisa. São obras interativas envolvendo música e dança, nas quais buscamos explorar as relações expressivas a partir dos gestos. Para isso empregamos tecnologias digitais na análise e qualificação dos gestos corporais em tempo real, assim como nos processamentos de áudio, mapeamentos e estruturação das obras. Ambas as obras são para solo de dança e são baseadas em improvisação semiestruturada. Na obra *1G0*, exploramos a interatividade no contexto acusmático, já na obra *Estilhace!* empregamos na interação um instrumento popular brasileiro, o berimbau. A seguir apresentaremos a descrição das referidas obras.

3.2.1 1G0

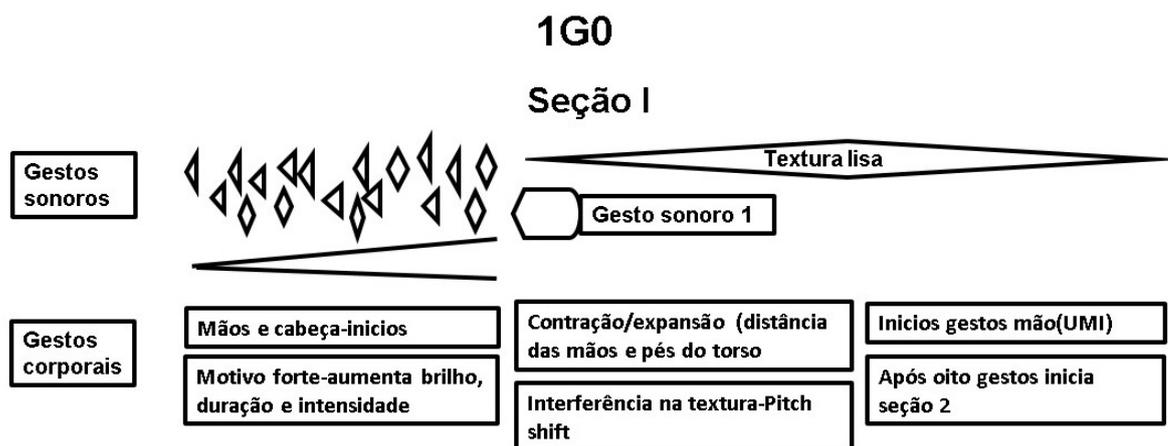
A poética de 1G0 decorre da reflexão das nossas relações com os meios digitais. A experiência contemporânea é permeada por fluxos de dados, nossa percepção cada vez mais é afetada pela hipertextualidade e “hipersensorialidade” possibilitadas pelos dispositivos digitais. Através dessas bravias correntes de dados expressamos, comunicamos, estabelecemos conexões, redes... E em meio a esse mar de zeros e uns nossos corpos desenvolvem-se em gestos as vezes complacentes, outras vezes lutantes, gestos que resistem, gestos entre gestos.

A proposta da obra consiste em explorar as relações gestuais da dançarina em

meio ao um fluxo de dados digitais representados pelos sons. Para isso são empregados majoritariamente amostras sonoras relacionadas com a estética *glitch*, a qual aborda a possibilidade do erro digital como material expressivo. *Drones*, que são sons sustentados, repetidos, com modulações bem lentas também são empregados em referência à ideia de fluxo e corrente de dados. A obra é formada por quatro seções e em cada uma apresenta diferentes abordagens de interação entre os gestos corporais e os sonoros.

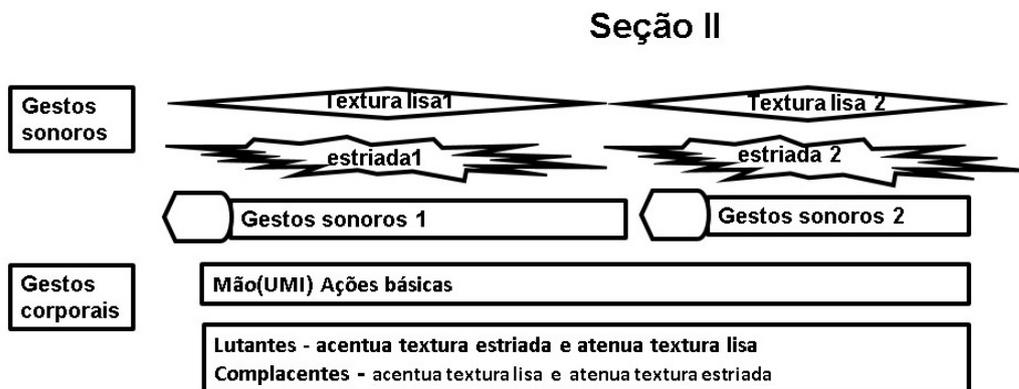
Na primeira seção são explorados os inícios (onsets) do gesto das mãos e cabeça para acionar amostras de sons curtos. O fator peso de cada gesto é agrupado a cada três gestos, e conforme mais gestos fortes são executados, os sons ganham maior intensidade, brilho e duração e vice-versa. Quando a quantidade de gestos fortes passam um limiar é iniciada a próxima seção.

Figura 28 – Gráfico obra 1G0-Seção 1



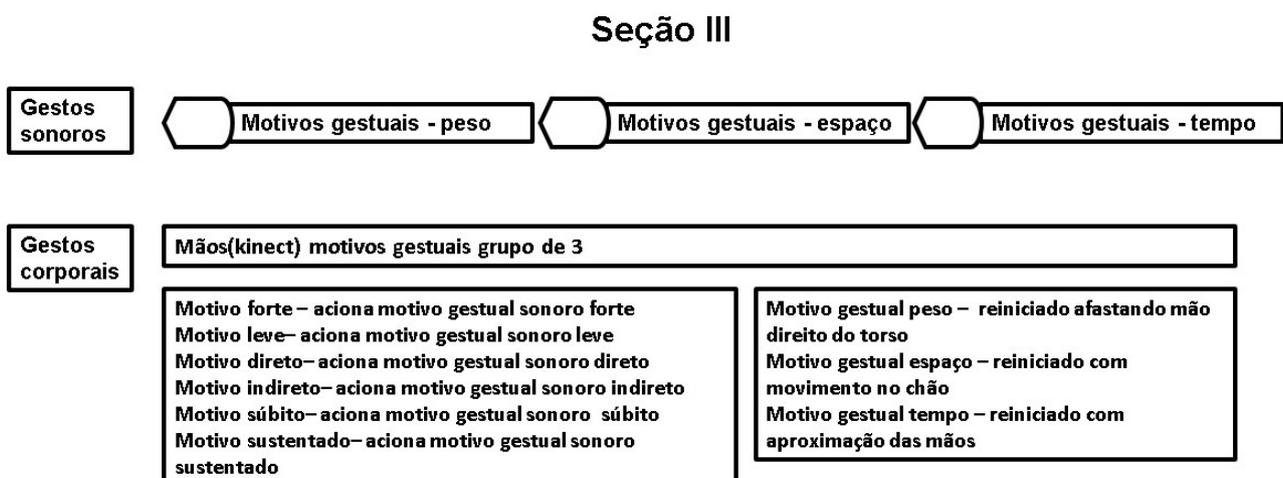
A seção 2 é iniciada com um gesto sonoro que se desenvolve em uma textura sonora lisa. Movimento de contração e expansão dos membros inferiores e superiores (aproximação e afastamento do torso) atuam sobre um processamento de modulação de frequência (*Frequency Shift*). Posteriormente, a interação ocorre com a atenuação ou acentuação de elementos texturais, estriados ou lisos. Quando as ações básicas da mão direita, extraídas pela UMI, forem lutantes os elementos estriados são acentuados e os lisos atenuados e quando elas são complacentes os elementos lisos são acentuados e os estriados atenuados. Nessa fase, outros gestos sonoros serão executados paralelamente no decorrer dessas interações.

Figura 29 – Gráfico obra 1G0-Seção 2



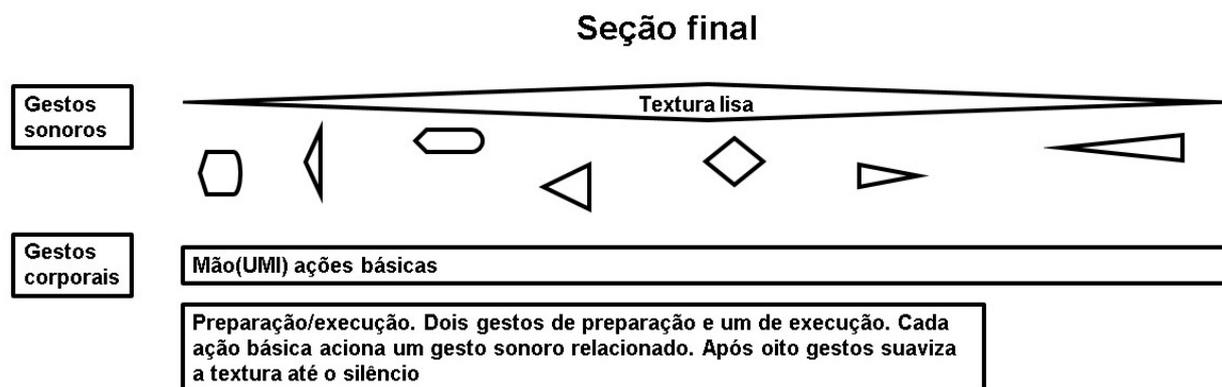
Na terceira seção a interação é a de motivos gestuais das mãos. No primeiro momento, o fator peso direcionará a execução de um dos motivos gestuais sonoros, posteriormente o fator espaço e, ao final, o fator tempo. Uma textura lisa também será executada paralelamente nessa seção. E serão de três à quatro motivos executados por fator.

Figura 30 – Gráfico obra 1G0-Seção 3



Na seção final ocorrerá a interação preparação execução. Doze execuções devem ocorrer e nas últimas execuções o performer deve buscar realizar ações básicas de atitude complacente. Uma textura lisa também será executada paralelamente nessa seção e finaliza-se a obra com um decrescendo bem gradual.

Figura 31 – Gráfico obra 1G0-Seção final



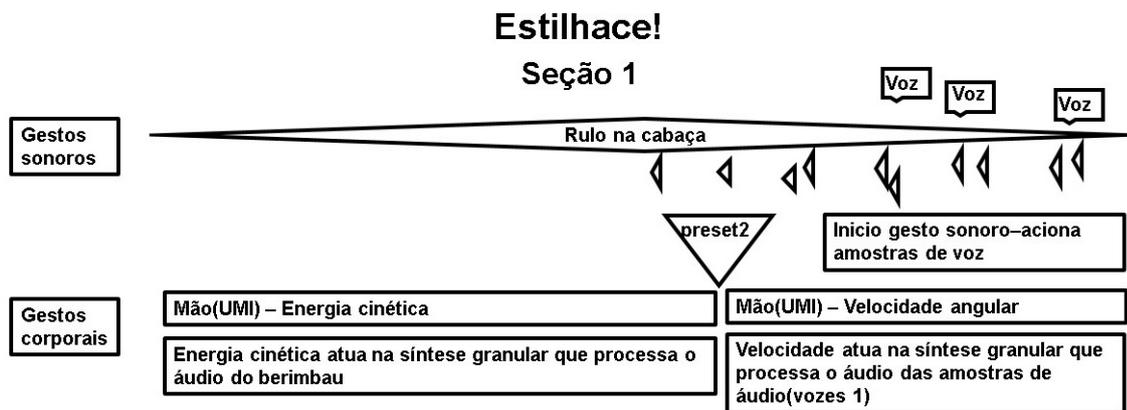
3.2.2 Estilhaça!

Essa obra foi inspirada nos trabalhos literários de Grada Kilomba (*Plantation Memories: Episodes of Everyday Racism*), Djamilia Ribeiro (*O que é lugar de fala?*) e Conceição Evaristo (*Poema: Vozes-mulheres*). Sabe-se que uma máscara composta por um pedaço de metal era colocada no interior da boca do sujeito negro, entre a língua e a mandíbula, e fixado por detrás da cabeça por duas cordas, uma em torno do queixo e a outra em torno do nariz e da testa. Desse modo foi imposto um senso de mudez e de medo aos africanos escravizados, além de impedir que eles se alimentassem de cana-de-açúcar e cacau durante o trabalho. Esse tipo de máscara foi representada por Jacques Arago em 1817-18, em um retrato de Anastácia, uma africana escravizada que foi condenada a usar essa máscara até o fim de sua vida. A máscara é um símbolo do silenciamento e brutalidade da escravidão e seu legado no racismo que ainda persiste. E Anastácia um símbolo de resistência histórica do povo negro. A poética da obra versa sobre o silêncio e gestos que possibilitam a fala através dos orifícios das máscaras sociais e dispositivos de silenciamento. Assim como a potência desses gestos-fala que podem estilhaçar as máscaras.

Empregamos o berimbau e amostras de áudio extraídos de entrevistas das artistas Grada Kilomba e Conceição Evaristo, assim como do poema *Vozes-mulheres*. Os gestos da dançarina atuam no processamento do áudio do berimbau captado por um microfone e também atuam no processamento do áudio das amostras sonoras.

Na primeira seção o berimbau incia um rulo na cabaça e esse som é processado por meio de síntese granular. A energia cinética dos gestos da mão extraída do UMI atuará nos parâmetros da síntese. Posteriormente, além do rulo, o berimbau executará ataques do dobrão na verga e depois ataques da baqueta na cabaça, progressivamente aumentando a densidade e intensidade. Os ataques acionarão uma das amostras de vozes 1, que são processadas com síntese granular e cujos parâmetros são mapeados pela velocidade angular dos gestos da mão.

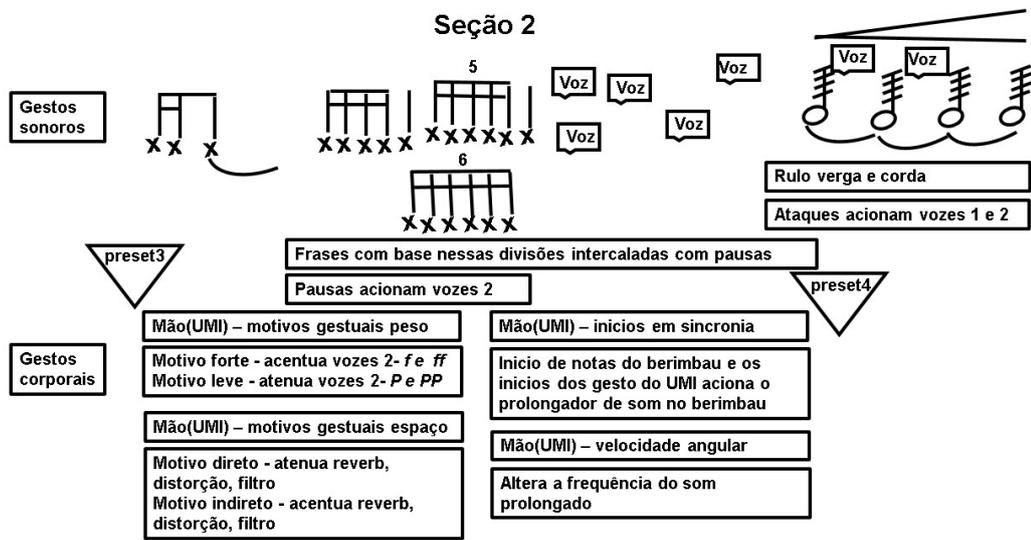
Figura 32 – Gráfico obra Estilhace!-Seção 1



A seção dois inicia-se com uma frase de dobrão, ataque na cabaça e o primeiro ataque na corda do berimbau. Após essa frase o berimbau executará frases com base em grupos de quatro semicolcheias mais seminima, quialteras de cinco e seis notas mais seminima. Todas as frases intercaladas por pausas. As pausas acionam uma das amostras de vozes 2, os motivos gestuais relacionados aos fatores peso e espaço são mapeados para a intensidade e processamentos das amostras de áudio (*reverb*, *distorção* e *filtro*). Em um segundo momento, caso os inícios dos ataques do berimbau estiverem próximos á algum início de gesto da mão, o som do berimbau será processado com um prolongador de som e a velocidade angular alterará a frequência do som sustentado. A seção termina com um rulo de verga e corda, cada ataque do rulo acionará as amostras de vozes 1 e 2. O esquema geral da seção 2 está representado na figura 33.

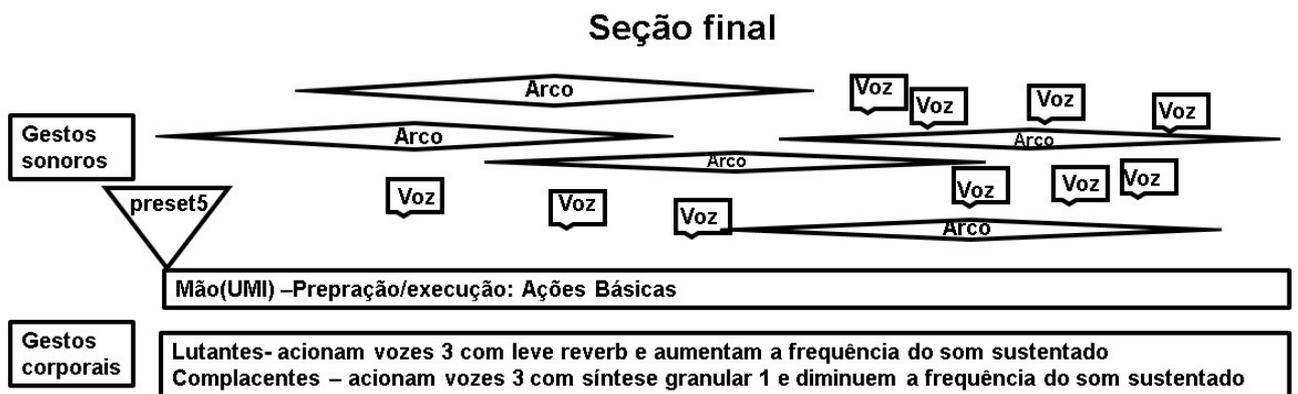
Na seção final, o berimbau executará sons longos por meio de um arco e um prolongador de som, gerando, assim, texturas. O processamento será acionado pelo músico, e a interação ocorrerá mediante a atitude das ações básicas executadas pela dançarina, de modo que se ocorrer em ações básicas lutantes a frequência do som sustentado aumentará de as ações básicas complacentes diminuirão a frequência do som sustentado. A preparação com dois gestos e a execução acionam as amostras de vozes 3 e a atitude da ação básica interagirá com o processamento das amostras: lutantes acionam uma das amostras de vozes 3 com leve reverb e complacentes acionam amostras de vozes 3 com síntese granular. A final

Figura 33 – Gráfico obra Estilhace!-Seção 2



deve se buscar realizar gestos lutantes, a textura sonora deve suavizar progressivamente e silenciar após cerca de 5 gestos lutantes. A obra terminada com o berimbau em silêncio e com um último gesto acionando uma amostra de voz.

Figura 34 – Gráfico obra Estilhace!-Seção final



Considerações finais

Na pesquisa aqui relatada, expusemos um estudo teórico, computacional e criativo acerca das possibilidades de interação entre música e dança com mediação digital. Nesse escopo exploramos bases conceituais de análise de som e de movimento no processo de microintegração digital, e dessa forma contribuímos para a concepção e discussão de estratégias composicionais interativas baseadas em diferentes níveis de descrição de informação - o que promove a atuação em camadas gestuais - potencializando assim as possibilidades expressivas dos processos interativos. Para esse fim, desenvolvemos ferramentas computacionais que possibilitaram a aplicação e o estudo criativo de diferentes estratégias de interação entre música e dança. E também desenvolvemos um dispositivo vestível para a captura de informações dos movimentos do dançarino.

Desenvolvemos um percurso teórico para a compreensão de diferentes acepções do conceito de gesto, bem como as diferentes possibilidades de análise de gestos, na perspectiva da aplicação desses conceitos em processos de composição interativa. Assim nos aproximamos de autores de diferente áreas: estudo dos gestos sonoros/musicais (SCHAEFFER, 1966; CHION, 1983; SMALLEY, 1986; SMALLEY, 1997; HATTEN, 2004; WISHART; EMMERSON, 1996; BACHRATÁ, 2010; BEN-TAL, 2012; STEUERNAGEL, 2015), estudo do gesto no contexto de novas interfaces sonoras e instrumentos digitais (HUNT; KIRK, 2000; WANDERLEY, 2006; DRUMMOND, 2009; RIMOOLDI; MANZOLLI, 2015), e no estudo do movimento em dança (LABAN, 1978; FERNANDES, 2006; FERNANDES, 2001; RAN et al., 2015; SCHACHER, 2010; SCHACHER, 2012; CAMURRI et al., 2000; CAMURRI; POLI; LEMAN, 2001; CAMURRI et al., 2003).

Nessa perspectiva agenciamos conceitos específicos da tipo-morfologia de Schaeffer e da espectromorfologia de Smalley, e para os gestos sonoros, e para a dança empregamos a Análise de movimento de Laban. Partimos então de critérios e qualidades gestuais que não são estanques, fato que apresentou um grande desafio para a aplicação desses conceitos nas estratégias e ferramentas interativas por nós desenvolvidas. Exploramos também as possíveis relações entre essas duas formas de classificação gestual.

Desenvolvemos uma ferramenta computacional no software Max/Msp/ Jitter que possibilitou a classificação de gestos corporais com base na estimativa dos fatores do Esforço de Laban e também das ações básicas do Esforço, a partir de dados dos sensores Kinect e do UMI vestível. A ferramenta oferece possibilidade a adaptação a diferentes situações, uma vez que o dançarino pode calibrar os algoritmos que estima os fatores de fora mais adequada a sua percepção e intenção. Também possível alterar os cálculos de estimativa dos fatores para diferentes momentos dentro da mesma performance. Desse

modo, levando em conta as características e precisão específicas de cada sensor, buscamos considerar o caráter relacional das qualidades dos movimentos tais como o contexto e as intenções do performer.

Para a classificação dos gestos sonoros, empregamos a escuta reduzida (na perspectiva da escuta reduzida de Schaeffer), e também utilizamos softwares de análise de áudio para auxiliar as avaliações. Nas duas obras apresentadas nessa Tese a improvisação e o uso de processos aleatórios foram fundamentais para potencializar os processos de interação entre níveis gestuais das duas modalidades, a medida em que promovem a flexibilidade das composições interativas.

Na primeira obra abordamos o uso dos dois sensores a fim de ampliar as possibilidades de interação gestuais, uma vez que o sensor Kinect apresenta campo e modos específicos de atuação que limitam algumas ações da dançarina. A associação entre os critérios morfológicos, espectromorfologias e as qualidades do esforço promoveram novas resignificações dos materiais sonoros empregados na composição. E também contribuiu para a manutenção das estruturas flexíveis da obra, já que diferentes combinações de gestos sonoros e corporais que emergem a cada execução estabelecem mais facilmente conexões, pois se relacionam por meio de amplos aspectos qualitativos dos gestos. A ferramenta de classificação de gestos corporais promoveu amplas possibilidades de interação e experimentações, como explicitamos na análise no item integralidade.

Na obra *Estilhace!* exploramos a execução ao vivo de gestos sonoros oriundos do berimbau. Novamente a possibilidade de associação entre qualidade gestuais sonoras e corporais promoveu um enriquecimento dos processos criativos, sobretudo acerca do emprego de diferentes tipos de processamentos de áudio. Buscaram-se também as relações entre a fala e o gesto. Nessa obra optamos pelo uso apenas do UMI vestível a fim de investigarmos o potencial do sensor e da ferramenta de classificação gestual que desenvolvemos.

A seguir elencamos as principais contribuições desta pesquisa:

- a) potencialização do agenciamento do conceito de gesto no processo criativo, sobretudo no contexto da composição interativa e na interação entre dança e música mediadas por tecnologias digitais;
- b) Desenvolvimento de ferramentas de análise e classificação de gestos corporais com foco no contexto artístico;
- c) Desenvolvimento de um dispositivo vestível (UMI) para captura de movimento de performances com amplas possibilidades de aplicação não apenas no contexto artístico como nas áreas de educação musical, musicoterapia e similares;
- d) Desenvolvimento de estratégias composicionais interativas com base na gestualidade;

- e) Contribuição, por meio dos processo criativos para reflexão acerca da mediação digital na determinação, manutenção, controle e orientação de gestos na contemporaneidade.

Como projeções de trabalhos futuros elencamos:

- a) Aprimoramento das UMI vestíveis. Em um próximo trabalho podemos empregar mais de uma UMI vestíveis em diferentes partes do corpo e desenvolver um estudo que promova mais possibilidades de informação do movimento tais como dados de posição relativa. Isso possivelmente pode ser implementado a partir de algoritmos que associam as informações de diferentes UMI;
- b) Aplicação de análise em tempo real de gestos sonoros com base em descritores de áudio informados pela tipo-morfologia e espectromorfologia;
- c) Aplicação de aprendizado de máquina nos processos de classificação de gestos corporais e sonoros. Uma plataforma possível para essa experimentação é a Wekinator⁶;
- d) Possíveis aplicações da ferramenta de classificação de gestos corporais na exploração de jogos digitais voltados para a musicoterapia e educação musical.

⁶ <http://www.wekinator.org>

Referências

- ALAOUI, S. F. et al. Movement qualities as interaction modality. In: *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference*. New York: ACM, 2012. p. 761–769. Citado 5 vezes nas páginas 38, 39, 40, 41 e 53.
- BAALMAN, M. Wireless sensing for artistic applications, a reflection on sense/stage to motivate the design of the next stage. *Organised Sound*, v. 15, p. 209–218, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.
- BACHRATÁ, P. *Gesture interaction in music for instruments and electroacoustic sounds*. 349 p. Tese (Doutorado) — Universidade de Aveiro, Departamento de Comunicação e Arte, Aveiro, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 22, 27 e 82.
- BEN-TAL, O. Characterising musical gestures. *Musicae Scientiae*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 16, n. 3, p. 247–261, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 22, 28 e 82.
- BINDIGANAVALE, R. N. *Building Parameterized Action Representations From Observation*. Tese (Doutorado) — University of Pennsylvania, 2000. Citado na página 51.
- BLACKBURN, M. The visual sound-shapes of spectromorphology: an illustrative guide to composition. *Organised Sound*, Cambridge University Press, v. 16, n. 1, p. 5–13, 2011. Citado na página 31.
- CAMURRI, A. et al. Eyesweb: Toward gesture and affect recognition in interactive dance and music systems. *Computer Music Journal*, MIT Press, v. 24, n. 1, p. 57–69, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 22, 38 e 82.
- CAMURRI, A. et al. Multimodal analysis of expressive gesture in music and dance performances. In: *International Gesture Workshop*. Berlin, Heidelberg: [s.n.], 2003. p. 20–39. Citado 8 vezes nas páginas 22, 25, 26, 38, 39, 44, 45 e 82.
- CAMURRI, A.; POLI, G. D.; LEMAN, M. Megase: a multisensory expressive gesture applications system environment for artistic performances. In: *Proceedings of CAST01 : living in mixed reality - Conference on Communication of Art, Science and Technology*. Bonn: Ghent University, 2001. Citado 6 vezes nas páginas 22, 25, 38, 39, 43 e 82.
- CAMURRI, A. et al. A multi-layered conceptual framework for expressive gesture applications. In: *Proceedings of the Workshop on Current Research Directions in Computer Music*. Barcelona: -, 2001. Citado na página 56.
- CHION, M. *Guide To Sound Objects: Pierre Schaeffer and Musical Research*, trans. John Dack and Christine North. 1983. Citado 5 vezes nas páginas 22, 28, 29, 57 e 82.
- DELALANDE, F. Le geste, outil d’analyse : quelques enseignements d’une recherche sur la gestique de glenn gould. *Analyse Musicale*, 1988. Citado na página 26.
- DRUMMOND, J. Understanding interactive systems. *Organised Sound*, Cambridge University Press, v. 14, n. 2, p. 124–133, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 22, 36, 37 e 82.

- EKMAN, P.; FRIESEN, W. V. The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, De Gruyter Mouton, v. 1, n. 1, p. 49–98, 1969. Citado na página 25.
- FERNANDES, C. Esculturas líquidas: a pré-expressividade e a forma fluida na dança educativa (pós) moderna. *Cadernos Cedex*, Directory of Open Access Journals, v. 21, n. 53, p. 7–29, 2001. Citado 3 vezes nas páginas 22, 33 e 82.
- FERNANDES, C. *O Corpo em Movimento: o Sistema Laban-Bartenieff na formação e pesquisa em Artes Cênicas*. São Paulo: Annablume, 2006. Citado 5 vezes nas páginas 22, 33, 35, 57 e 82.
- HASHIM, W. N. W.; NOOR, N. L. M.; ADNAN, W. A. W. The design of aesthetic interaction: towards a graceful interaction framework. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human*. New York: ACM, 2009. p. 69–75. Citado na página 38.
- HATTEN, R. S. *Interpreting musical gestures, topics, and tropes: Mozart, Beethoven, Schubert*. Bloomington, Indiana: Indiana University Press, 2004. Citado 7 vezes nas páginas 22, 25, 26, 27, 30, 32 e 82.
- HUNT, A.; KIRK, R. Mapping strategies for musical performance. *Trends in gestural control of music*, v. 21, n. 2000, p. 231–258, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 22, 37 e 82.
- IAZZETTA, F. Interação, interfaces e instrumentos em música eletroacústica. In: *Proceedings of the II IHC-Interação Humano-Computador Conference*. Campinas: Unicamp. Campinas: -, 1998. Citado na página 37.
- IAZZETTA, F. Meaning in musical gesture. *Trends in gestural control of music*, Paris, Fr: IRCAM-Centre Georges Pompidou, p. 259–268, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 37.
- JENSENIUS, A. R. To gesture or not? An analysis of terminology in NIME proceedings 2001–2013. In: *Proceedings of the International Conference on New Interfaces For Musical Expression*. London: ACM, 2014. p. 217–220. Citado na página 24.
- JENSENIUS, A. R.; WANDERLEY, M. M. Musical gestures: Concepts and methods in research. In: *Musical Gestures*. New York: Routledge, 2010. p. 24–47. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 36.
- LABAN, R. V. *Choreutics*. London: Macdonald & Evans, 1966. Citado na página 32.
- LABAN, R. V. *Dominio do movimento*. São Paulo: Grupo Editorial Summus, 1978. Citado 6 vezes nas páginas 22, 33, 34, 35, 63 e 82.
- LARBOULETTE, C.; GIBET, S. A review of computable expressive descriptors of human motion. In: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Movement and Computing*. New York: ACM, 2015. p. 21–28. Citado na página 51.
- LEMAN, M. *Embodied music cognition and mediation technology*. Massachusetts: Mit Press, 2008. Citado 6 vezes nas páginas 21, 38, 44, 45, 46 e 56.
- MARANAN, D. S. et al. Designing for movement: evaluating computational models using lma effort qualities. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2014. p. 991–1000. Citado 4 vezes nas páginas 38, 41, 51 e 71.

- MCNEILL, D. *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. Chicago: University of Chicago press, 1992. Citado na página 25.
- NAVEDA, L.; SANTANA, I. “topos” toolkit for pure data: exploring the spatial features of dance gestures for interactive musical applications. In: *ICMC*. New York: ACM, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 71.
- NAVEDA, L. A. *Gesture in Samba: A cross-modal analysis of dance and music from the Afro-Brazilian culture*. Tese (Doutorado) — Ghent University, 2011. Citado na página 26.
- RAN, B. et al. Multitask learning for laban movement analysis. In: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Movement and Computing*. New York: ACM, 2015. p. 37–44. Citado 4 vezes nas páginas 22, 34, 51 e 82.
- RIMOOLDI, G.; MANZOLLI, J. Metaflauta: design e performance de instrumento aumentado via suporte computacional. In: *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Computer Music*. São Paulo: -, 2015. Citado 5 vezes nas páginas 22, 51, 54, 71 e 82.
- SCHACHER, J. C. Motion to gesture to sound: Mapping for interactive dance. In: *NIME*. New York: ACM, 2010. p. 250–254. Citado 8 vezes nas páginas 22, 26, 27, 38, 41, 42, 71 e 82.
- SCHACHER, J. C. The body in electronic music performance. In: *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference*. New York: ACM, 2012. p. 194–200. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 82.
- SCHAEFFER, P. *Traité des objets musicaux, essai interdisciplines [Treatise on musical objects, interdisciplinary essay]*. Paris: Éditions du Seuil, Pierres vives, 1966. Citado 4 vezes nas páginas 22, 28, 29 e 82.
- SCHIPHORST, T. Soft (n): Toward a somaesthetics of touch. In: *CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 2009. p. 2427–2438. Citado na página 38.
- SMALLEY, D. Spectro-morphology and structuring processes. In: *The language of electroacoustic music*. [S.l.]: Springer, 1986. p. 61–93. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 82.
- SMALLEY, D. Spectromorphology: explaining sound-shapes. *Organised sound*, Cambridge University Press, v. 2, n. 2, p. 107–126, 1997. Citado 5 vezes nas páginas 22, 30, 31, 32 e 82.
- SMITH, S. W. et al. The scientist and engineer’s guide to digital signal processing. San Diego, 1997. Citado na página 51.
- STEUERNAGEL, M. O gesto na composição musical. *Revista Vortex*, v. 3, n. 1, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 82.
- SULLIVAN, M. V. *The Performance of Gesture: Musical Gesture, Then, and Now*. 349 p. Tese (Doutorado) — University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, 1984. Citado na página 27.
- WANDERLEY, M. M. Gestural control of music. In: *International Workshop Human Supervision and Control in Engineering and Music*. New York: ACM, 2001. p. 632–644. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 38.

WANDERLEY, M. M. Instrumentos musicais digitais-gestos, sensores e interfaces. *Em Busca da Mente Musical*, v. 60, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 22, 37 e 82.

WINKLER, T. Making motion musical: Gesture mapping strategies for interactive computer music. In: *ICMC*. New York: ACM, 1995. p. 26. Citado na página 72.

WINKLER, T. *Composing interactive music: techniques and ideas using Max*. Massachusetts: MIT press, 2001. Citado na página 36.

WISHART, T.; EMMERSON, S. *On sonic art*. Amsterdam: Psychology Press, 1996. v. 12. Citado 4 vezes nas páginas 22, 30, 32 e 82.

ZHAO, L.; BADLER, N. I. Synthesis and acquisition of laban movement analysis qualitative parameters for communicative gestures. *Technical Reports (CIS)*, p. 116, 2001. Citado na página 51.

ZHAO, L.; BADLER, N. I. Acquiring and validating motion qualities from live limb gestures. *Graphical Models*, Elsevier, v. 67, n. 1, p. 1–16, 2005. Citado na página 51.

Anexos

.1 Tabela com os principais objetos desenvolvidos no software Max MSP/jitter para o sensor Kinect

Figura 35 – Objetos Kinect

Nome do objeto	Dados de entrada	Argumentos	Dados de saída
Kinectdistribui	Posição 3D de cada articulação		Rótulos(nome da variável)
Plotacurvas	Posição, velocidade e aceleração	Escala do gráfico	Curvas posição, velocidade e aceleração
ArticulacaoC	Posição 3D	Rótulo, limite de acel. de início, limite de velocidade de final	Lista de descritores, seção 2.1.2.1
JointlabanB	Lista de descritores	Rótulo, maior valor p/ direto, menor valor p/ indireto, maior valor p/ leve, menor valor p/ forte, maior valor p/ súbito, menor valor p/ sustentado	Três fatores do Esforço de Laban
P2P	Posição 3D	Rótulo de cada articulação	Distância entre as articulações

.2 Tabela com os principais objetos desenvolvidos no software Max MSP/jitter para o sensor UMI

Figura 36 – Objetos UMI

Nome do objeto	Dados de entrada	Argumentos	Dados de saída
IMUreceiver	Aceleração tangencial 3D e velocidade angular 3D		Aceleração e velocidade tangencial 3D filtradas, velocidade angular 3D
segmentaacc	Aceleração tangencial 3D filtrada	Limite de inicio, limite de final, altura no gráfico de segmentação	Duração, inicio e final do gesto
Energia cinética	Módulo da velocidade tangencial		Energia cinética acumulada
Jerk accum	Módulo da aceleração tangencial		Jerk acumulada
veloangular	Velocidades angulares		Módulo das velocidade angulares dividido pelo tempo
estimarlaban	Módulo das velocidades angulares por tempo, energia cinética acumulada, Jerk acumulada e duração	Valor menor p/ indireto, valor maior p/ direto, valor menor de energia cinética p/ forte, valor menor de Jerk acum p/ forte, valor maior de jerk acum p/ leve, valor maior de energia p/ leve, valor menor para sustentado, valor maior para súbito	Três fatores do Esforço de laban

.3 Site desenvolvido para documentar os processos criativos desta tese:

<<https://leandrossouza.wixsite.com/entregestos>>

Figura 37 – Visão geral do site

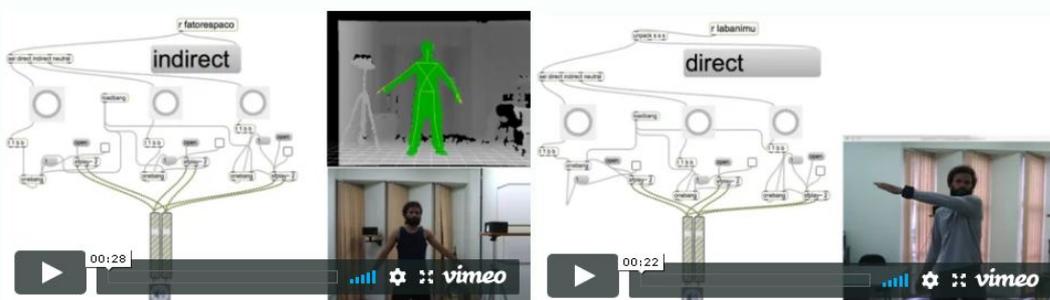


Figura 38 – Visão do site

Qualificando segundo o fator espaço do Análise do movimento de Laban

Kinect

UMI



Qualificando segundo o fator peso do Análise do movimento de Laban

Kinect

UMI