



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“Levantamento, Representação e Análise
Computacional de Hipóteses Sobre
Combinações de Frases Percussivas”**

Por

Luca Bezerra Dias

Dissertação de Mestrado



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE/2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUCA BEZERRA DIAS

“LEVANTAMENTO, REPRESENTAÇÃO E ANÁLISE
COMPUTACIONAL DE HIPÓTESES SOBRE COMBINAÇÕES DE
FRASES PERCUSSIVAS”

*ESTE TRABALHO FOI APRESENTADO À PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA
DA COMPUTAÇÃO.*

ORIENTADOR: GEBER LISBOA RAMALHO

CO-ORIENTADOR: GIORDANO R. E. CABRAL

RECIFE, 2015

Catalogação na fonte
Bibliotecária Jane Souto Maior, CRB4-571

D5411 Dias, Luca Bezerra

Levantamento, representação e análise computacional de hipóteses sobre combinações de frases percussivas / Luca Bezerra Dias. – 2015.

109 f.: il., fig., tab.

Orientador: Geber Lisboa Ramalho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da computação, Recife, 2015.

Inclui referências e apêndices.

1. Ciência da computação. 2. Computação musical. 3. Musicologia. 4. Instrumentos de percussão. I. Ramalho, Geber Lisboa (orientador). II. Título.

004

CDD (23. ed.)

UFPE- MEI 2016-023

Dissertação de Mestrado apresentada por **Luca Bezerra Dias** à Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título “**Levantamento, Representação e Análise Computacional de Hipóteses sobre Combinações de Frases Percussivas**” orientada pelo **Prof. Geber Lisboa Ramalho** e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Profa. Patricia Cabral de Azevedo Restelli Tedesco
Centro de Informática/UFPE

Prof. Carlos Sandroni
Departamento de Música / UFPE

Prof. Geber Lisboa Ramalho
Centro de Informática / UFPE

Visto e permitida a impressão.
Recife, 31 de agosto de 2015.

Profa. Edna Natividade da Silva Barros
Coordenadora da Pós-Graduação em Ciência da Computação do
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

*Ao meu Eu do futuro – que ele possa olhar
para trás e se orgulhar de uma etapa concluída.*

Agradecimentos

Este trabalho é fruto dos esforços técnicos e acadêmicos de apenas alguns indivíduos, mas é também fruto dos esforços pessoais, emocionais e espirituais de inúmeras pessoas que ajudaram a me manter no rumo certo, cada um à sua maneira.

Citar pessoas nominalmente é sempre uma tarefa perigosa e ingrata, pois uma única omissão pode ser desapontadora num nível muito maior do que várias lembranças. Peço sinceras desculpas àqueles(as) que não foram mencionados separadamente, mas espero que saibam que foi a contribuição única de cada um que me possibilitou digitar até o ponto final desse documento, e a vocês eu destino meus mais profundos agradecimentos!

Em especial, gostaria de agradecer às seguintes pessoas:

Wanya Bezerra, mãe e amiga, por uma quantidade tão grande de motivos que seria até injusto citar só alguns – se existiu um grande pilar de sustentação durante todo esse tempo, não há dúvida de que foi ela, do início ao fim.

Geber Ramalho e Giordano Cabral, respectivamente orientador e co-orientador, pela confiança na minha capacidade e constante disponibilidade para sanar minhas dúvidas.

Thaís Queiroz, minha namorada, pelo companheirismo e carinho nessas etapas tão críticas.

Meus amigos de longa data do Colégio de Aplicação que acompanham minhas sagas há uma década e meia, e com os quais espero poder contar por várias outras.

Naiane Nascimento, Felipe Chaulet, Vinícius Carneiro e Juliana Santa Cruz, amigos que a vida trouxe e que, antigos ou recentes, se prontificaram a meter a mão na massa (e até o fizeram) para que o trabalho andasse, ou simplesmente se dispuseram a escutar minhas lamúrias (que não foram poucas) e me aconselhar.

Todos os meus amigos, inclusive os já mencionados aqui, que mesmo após dezenas, quiçá centenas de convites recusados, não desistiram de mim. Agora não terei mais a desculpa que usava quando estava com preguiça de sair. Quem sabe no doutorado...

A todos vocês, de coração, muito obrigado!

“Frase bonita aqui”.
(L. Bezerra, 2015)

Resumo

Os avanços na área de computação musical ao longo dos anos trouxeram novas possibilidades e também novas perguntas. A área de geração automática de conteúdo musical ganhou bastante interesse (BILES, 1994); (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005); (GIFFORD, 2013), e com ela, surgiram questões mais profundas sobre o conteúdo gerado por estes sistemas. Qual a aplicabilidade de tais sistemas? Como trabalhar com conceitos como melodia e harmonia? É possível gerar música que não seja apenas um combinado aleatório de notas ou excertos musicais?

Reduzindo o escopo da discussão para sistemas geradores de composições percussivas, um elemento essencial fica em evidência: o ritmo. Qual o impacto de um ritmo destoante dentro de uma música? É possível gerar ritmos neutros, que se encaixem em qualquer composição? Como gerar automaticamente um bom ritmo? Para responder a essas questões, é necessário antes chegar à resposta de uma pergunta mais fundamental: como saber se um ritmo A combina com um ritmo B?

A literatura (inclusive musical) sobre esse assunto é escassa e, na sua maioria, subjetiva, pessoal e sem bases empíricas. Em geral, o caminho tomado pelos trabalhos costuma se basear no que pode ser feito algorítmicamente, para depois encaixar os resultados dentro do conceito de ritmo, tornando os resultados questionáveis.

Diante disso, resolvemos seguir o caminho inverso, partindo de teorias e conceitos para só depois chegarmos ao algoritmo. Para tal, pedimos que músicos e estudiosos apresentassem definições de ritmo e suas características fundamentais, a partir das quais construímos hipóteses para responder à pergunta deste trabalho. Isto demandou buscar junto aos músicos possíveis hipóteses, encontrar uma forma de representá-las computacionalmente, levantar exemplos concretos (dados) musicais e decidir como representa-los computacionalmente, planejar experimentos que pudessem confrontar hipóteses e dados, para, enfim, tirar conclusões com respeito à pergunta de pesquisa. Neste trabalho, que se insere na linha do uso de computadores

como ferramenta de auxílio ao musicólogo, narramos este processo de investigação, elencando as dificuldades, justificando as escolhas, apresentando os resultados obtidos e discutindo as lições aprendidas.

Palavras-chave: computação musical, automação, geração automática de conteúdo, musicologia, música, métodos de representação, extração de características.

Abstract

The advances in the computer music field throughout the years have brought new possibilities, and also new questions. The automatic generation of music content field has aroused a lot of interest (BILES, 1994); (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005); (GIFFORD, 2013), and, with it, many deeper questions about the content generated by these systems were brought into attention. What is the point of such systems? How some concepts such as melody and harmony can be dealt with? Is it possible to generate music that is not just a random sequence of notes or musical excerpts?

Narrowing the scope to percussive compositions generative systems, an essential element stands out: the rhythm. What is the impact of a dissonant rhythm within a song? Is it possible to generate neutral rhythms, which could fit into any composition? How to generate a good rhythm? To answer these questions, first of all it is necessary to find the answer to a more fundamental question: how to tell if rhythm A matches rhythm B?

The academic literature (including the musical one) on this subject is scarce, and mostly subjective, relying on personal opinions and without empirical basis. In general, the path chosen on the studies is based on what can be done algorithmically, to only then fit the results within the concept of rhythm, making the results unreliable.

Therefore, we have decided to take the opposite way, starting from theories and concepts, to only then think about the algorithm. In order to do so, we have asked musicians and researchers to provide us with definitions for rhythm and its most fundamental characteristics, from which we have built the hypotheses to answer this research's main question. To achieve this, we had to ask musicians for possible hypothesis, find a way of representing them computationally, find concrete musical examples (data) and decide how to represent this data computationally, plan experiments that could compare hypothesis against data to, finally, get to conclusions about this research's main question. In this work, which is highly linked with using computers as an

auxiliary tool for the musicologist, we describe this investigation process, revealing the difficulties, justifying the choices made, presenting the results obtained and discussing the lessons learned.

Keywords: computer music, automation, automatic content generation, musicology, music, representation methods, musical information retrieval.

Lista de Figuras

- Exemplo de partitura de baião com frases rítmicas.	24
- Imparidade rítmica em 6 diferentes ritmos.	28
- Ritmos completamente fora do tempo.	29
- Partitura.	32
- Tablatura, outra notação derivada da partitura.	33
- Notação "piano roll", derivada da partitura.	33
- Notação cíclica.	34
- Notação TEDAS.	35
- Polígono convexo.	36
- Notação MusicXML.	37
- Notação de intervalos.	38
- Notação binária.	39
- Notação TUBS.	39
- Processo de modificação de loop.	41
- Fluxograma do método utilizado no decorrer desta pesquisa.	46
- Passos realizados no processo de formulação das hipóteses.	48
- Nuvem de palavras mais frequentes nas entrevistas.	55
- Partitura com alguns padrões rítmicos.	57
- Partitura de batucada.	58
- Partitura contendo batidas no contratempo.	61
- Excerto de partitura com batidas coincidentes.	62
- Partitura de batucada.	64
- Gráfico de barras com soma de batidas da Figura 5.6.	65
- Gráfico de barras com cálculo binário de batidas.	66
- Comparação das frases rítmicas de um triângulo (aberto e abafado), retiradas do mesmo trecho de um baião, em diferentes métodos de representação.	70

- Transformação de dados na representação TUBS para um histograma (com QI = 2).	73
- Fluxograma do processo computacional.....	74
- Exemplo de Histograma com QI = 11.	77
- Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências com Amostras de Bateria (parte 1 de 2).....	79
- Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências com Amostras de Bateria (parte 2 de 2).....	80
- Paralelo entre histograma e gradiente.	81
- Mapa de gradientes da distribuição dos EC's.	82
- Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências sem Amostras de Bateria.	83
- Mapa de gradientes da distribuição dos valores de EC's sem amostras de bateria.	
.....	84
- Valores normalizados do Equilíbrio de Coincidências de todas as amostras.....	85
- Valores normalizados do Equilíbrio de Coincidências de todas as amostras sem bateria.	86
- Distribuição dos valores de EC.	87
- Distribuição dos valores de EC sem amostras de bateria.	88

Lista de Tabelas

- Distribuição de amostras por quantidade de instrumentos. 69
- Valores normalizados de EC para Amostras cuja QI = 11. 78

Sumário

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 MOTIVAÇÃO E ESCOPO	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.3 ABORDAGEM	18
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	19
CAPÍTULO 2 PROBLEMA	20
2.1 RITMO.....	21
2.2 ABORDAGEM	24
CAPÍTULO 3 ESTADO DA ARTE.....	26
3.1 THE GEOMETRY OF MUSICAL RHYTHM: WHAT MAKES A “GOOD” RHYTHM GOOD?.....	26
3.1.1 <i>Máxima Regularidade</i>	27
3.1.2 <i>Imparidade Rítmica</i>	28
3.1.3 <i>Batidas Fora do Tempo (Off-Beatness)</i>	29
3.1.4 <i>Batidas Fora do Tempo Ponderadas (Weighted Off-Beatness)</i>	30
3.1.5 <i>Complexidade Métrica</i>	30
3.2 MÉTODOS DE REPRESENTAÇÃO MUSICAL.....	30
3.2.1 <i>Partituras</i>	32
3.2.2 <i>Notação Cíclica</i>	34
3.2.3 <i>Notação TEDAS</i>	34
3.2.4 <i>Polígono Convexo</i>	35
3.2.5 <i>Music Encoding Initiative (MEI)</i>	36
3.2.6 <i>MusicXML</i>	37
3.2.7 <i>Notação de Intervalos</i>	38
3.2.8 <i>Notação Binária</i>	38
3.2.8.1 <i>Time-Unit Box System</i>	39
3.3 GERAÇÃO E ANÁLISE DE CONTEÚDO MUSICAL	40
3.3.1 <i>A Review of Automatic Rhythm Description</i>	40
3.3.2 <i>Computational Models of Similarity for Drum Samples</i>	40
3.3.3 <i>Automatic Rhythm Modification of Drum Loops</i>	41
3.3.4 <i>Appropriate and Complementary Rhythmic Improvisation in an Interactive Music System</i>	42
3.3.5 <i>CInBalada – Um Laboratório Rítmico</i>	43
3.3.6 <i>A Simple Genetic Algorithm for Music Generation by means of Algorithmic Information Theory</i>	43
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA.....	45
4.1 MÉTODO GERAL	45
4.2 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES	47
4.3 CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS MUSICAIS.....	50
4.4 TESTES DAS HIPÓTESES	52
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
CAPÍTULO 5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	54

5.1 COMPILAÇÃO INICIAL.....	54
5.1.1 <i>Papeis Rítmicos</i>	56
5.1.2 <i>Padrões Cíclicos</i>	58
5.1.3 <i>Par Binário</i>	59
5.1.3.1 Intensidade	59
5.1.3.2 Mudança de Andamento.....	60
5.1.3.3 Contraste de Timbres	60
5.1.3.4 Momentos de Silêncio	60
5.1.4 <i>Tempo e Contratempo</i>	61
5.1.5 <i>Equilíbrio de Coincidências</i>	61
5.1.6 <i>Perguntas e Respostas</i>	62
5.2 FILTRAGEM DE HIPÓTESES	63
5.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO	64
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
CAPÍTULO 6 COLETA, REPRESENTAÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	68
6.1 CONSTRUÇÃO DA BASE DE TESTES	69
6.2 PREPARAÇÃO DOS DADOS	70
6.3 REPRESENTAÇÃO DOS DADOS	72
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
CAPÍTULO 7 TESTE DA HIPÓTESE	76
7.1 APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	76
7.2 HISTOGRAMAS DOS EQUILÍBRIOS DE COINCIDÊNCIAS COM AMOSTRAS DE BATERIA	78
7.3 HISTOGRAMAS DOS EQUILÍBRIOS DE COINCIDÊNCIAS SEM AMOSTRAS DE BATERIA.....	82
7.4 HISTOGRAMAS DE TODAS AS AMOSTRAS	85
7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
CAPÍTULO 8 CONCLUSÃO.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO 9 ANEXOS.....	101
9.1 ANEXO 1 – FORMULÁRIO INICIAL DE ENTREVISTA	101
9.1.1 <i>Perguntas Gerais</i>	101
9.1.2 <i>Momento de Avaliação de Exemplos Percussivos</i>	101
9.2 ANEXO 2 – ENTREVISTAS	102
9.2.1 <i>Entrevista 1 (14/11/2014)</i>	102
9.2.2 <i>Entrevista 2 (21/11/2014)</i>	103
9.2.3 <i>Entrevistas 3 e 4 (20/01/2015)</i>	105
9.2.4 <i>Entrevistas 5, 6, 7 e 8 (26/01/2015)</i>	108

Capítulo 1

Introdução

“A Música é a revelação superior a toda sabedoria e filosofia”.

- Ludwig van Beethoven (MENSCH, 1871)

Exageros à parte, a frase de Beethoven que abre este capítulo permite ter uma noção da dimensão do universo musical. A Música é uma área extremamente vasta, sendo uma das formas de expressão artística mais antigas conhecidas pelo homem. Ao longo de todo esse tempo, uma quantidade imensa de informações foi agregada ao seu conteúdo teórico, tornando-a cada vez mais fundamentada. Entretanto, apesar de tanto tempo de existência, assim como outras formas de arte, a Música ainda se utiliza, muitas vezes, de conceitos subjetivos para expressar ideias. A objetivação desse conteúdo se faz necessária em determinados cenários onde se deseja, por exemplo, repassar conhecimento, ou mesmo tentar entender por que determinadas situações ocorrem de tal maneira.

A Computação, por sua vez, já se provou uma importante aliada para as áreas que desejam processar ou transformar informações em dados, e no caso da Computação Musical, esse processo se dá através das mais diversas formas, como instrumentos musicais digitais (DMI), extração de características (MIR), geração automática de conteúdo musical, etc. Sistemas computacionais capazes de gerar composições musicais de forma automática também existem há algum tempo (SAMPAIO, 2006); (ALFONSECA, CEBRIÁN e ORTEGA, 2007); (CICCONET, e WEINBERG, 2013), sendo tais composições utilizadas como base para improvisações de músicos humanos (BILES, 1994), ferramenta de aprendizado ou até mesmo objeto de pesquisa. Os métodos através dos quais a música é algorítmicamente criada variam de sistema para sistema: alguns se utilizam de excertos de composições pré-existentes para fazer o que se pode chamar (de forma extremamente simplificada) de “colagem”, gerando

uma obra completa; outros utilizam a abordagem de criação nota por nota, a partir de sintetizadores, seguindo determinados modelos e regras. Ambos os casos têm suas aplicabilidades, prós e contras.

Todavia, uma problemática bem conhecida no mundo da música e, especialmente, nesse universo de geração automática de conteúdo musical, é a definição de “o que faz uma composição ser considerada boa ou agradável”. Essa problemática é relevante porque define o grau de adequabilidade a critérios musicais que um conteúdo gerado automaticamente pode atingir. Apesar de ser possível definir regras e condições para que as composições sejam criadas, baseando-se em características extraídas de acervos pré-existentes, por exemplo, existem alguns detalhes mais profundos, muitas vezes implícitos (e até inconscientes) para quem toca, que regem a criação de uma boa música.

É preciso salientar que, como todas as áreas do campo das artes, o conceito de algo belo é subjetivo. No entanto, essa discussão foge do escopo do projeto, que leva em consideração o consenso (e a avaliação) de músicos e estudiosos da área. Ainda assim, esse fator é importante para destacar que, frequentemente, a forma como os músicos pensam e agem durante o processo de composição, acompanhamento ou improvisação envolve sutilezas que muitas vezes nem mesmo eles conseguem descrever ou especificar. Este é outro motivo que torna tão complexo chegar a uma definição prática do que é uma música boa, assim como transpor tal conhecimento para dentro de um sistema de geração automática de conteúdo musical.

1.1 Motivação e Escopo

Neste contexto, é possível perceber que há um grande (e antigo) problema ainda em aberto na região que intersecciona os campos da computação e da música. Em particular, este trabalho de dissertação se interessa por um universo mais restrito de composição musical que são as criações rítmicas tais como as batucadas ou as inúmeras composições de instrumentos de percussão que encontramos no samba, no maracatu, no afoxé para só cotar alguns dos estilos musicais brasileiros.

Restringir o escopo ao ritmo não significa necessariamente simplificar o problema. Qual o impacto de um ritmo destoante dentro de uma música? É possível gerar ritmos neutros, que se encaixem em qualquer composição? Como gerar automaticamente um bom ritmo? Para responder a essas questões, é necessário antes chegar à

resposta àquela que é nossa *pergunta de pesquisa* mais fundamental: como saber se um ritmo A combina com um ritmo B?

A resposta a esta pergunta é de grande valia tanto para a Música, através da “tradução” de certos conceitos e sentimentos para uma linguagem objetiva, como também para a Computação, permitindo, por exemplo, melhorias no conteúdo gerado pelos sistemas de composição automática de conteúdo musical.

Infelizmente, a literatura musical e de computação musical é escassa sobre este tema e, na sua maioria, subjetiva, pessoal e sem bases empíricas. A grande maioria dos trabalhos costuma atacar problemáticas relacionadas à melodia e à harmonia, resultando numa defasagem na área de ritmos. Em outras palavras, apesar de fundamental, não existe, por enquanto, uma resposta clara ou formal para a questão de pesquisa posta.

1.2 Objetivos

Este trabalho objetiva investigar a seguinte pergunta de pesquisa: como, usando meios computacionais, saber se um ritmo A combina com um ritmo B? Em outras palavras, pretendemos encontrar um método formal, função matemática ou algoritmo que permita responder automática e deterministicamente à questão da combinação de ritmos.

1.3 Abordagem

Em geral, o caminho tomado pelos trabalhos da área de geração automática de conteúdo musical costuma se basear no que pode ser feito algorítmicamente, para depois encaixar os resultados dentro do conceito de ritmo, tornando-os questionáveis. Diante disso, resolvemos seguir o caminho inverso, partindo de teorias e conceitos para só depois chegarmos ao algoritmo. Para tal, pedimos que músicos e estudiosos apresentassem definições de ritmo e suas características fundamentais, a partir das

quais construímos hipóteses para responder à pergunta deste trabalho: quais os principais elementos existentes em composições, independentemente de gênero musical, que permitem um bom casamento entre duas levadas rítmicas¹.

1.4 Organização do Trabalho

O conteúdo desta pesquisa é apresentado neste documento na seguinte ordem: o problema a ser tratado é descrito em maiores detalhes na próxima seção, incluindo o conhecimento necessário para entender sua importância. Em seguida vem o estado da arte, onde são apresentados os trabalhos relacionados que possuem maior relevância ou que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste. Logo após, encontra-se a metodologia utilizada no processo, além das dificuldades enfrentadas ao longo do caminho. Na seção seguinte, são listadas e destinchadas as hipóteses levantadas nas entrevistas (que podem ser vistas na seção 9.2) e *brainstorms*, e são destacadas aquelas com maior potencial. Por fim, os capítulos 6, 7 e 8 trazem, respectivamente: o processo de coleta, representação e processamento dos dados; a análise dos resultados obtidos após a devida avaliação das hipóteses; as conclusões sobre o trabalho realizado, discorrendo sobre como os resultados contribuem para o problema escolhido, e sugestões de caminhos a serem trilhados em estudos futuros.

¹ Levada rítmica ou percussiva pode significar desde uma curta frase rítmica até uma música inteira. Neste trabalho, esta expressão representa toda e qualquer aglutinação de batidas realizadas em um ou mais instrumentos.

Batidas, por sua vez, são eventos rítmicos. Uma batida é o pulso básico que permite a mensuração de uma música, é a unidade temporal de uma composição (OXFORD).

Capítulo 2

Problema

A Musicologia possui um problema inerente para o qual não existe uma única solução. A construção de uma música, como toda forma de arte, se origina no imaginário do autor, que pode ou não ter se utilizado de uma fonte de inspiração, e que busca representar algo para seu público que nem sempre é passado de forma clara ou explícita. A possibilidade de criar sem restrições ou limites (exceto aqueles definidas pelo próprio criador, como estilo ou tema, por exemplo) torna a arte tão única e intrigante. Ao mesmo tempo, toda essa subjetividade dificulta o processo de análise dessas criações de forma mais objetiva.

Da mesma forma, a música tem seus significados implícitos, e suas nuances quase imperceptíveis que, inseridos no contexto (e na cabeça do compositor), fazem diferença no resultado final. A famosa música de casamento que anuncia a entrada da noiva na igreja (“*Bridal Chorus*”, de Richard Wagner) na verdade faz parte de uma famosa ópera chamada “*Lohengrin*”, e apenas suas duas primeiras músicas representam os bons momentos do matrimônio. Em seguida, o marido assassina cinco pessoas e abandona a esposa, que morre de desgosto (WIKIPÉDIA). No entanto, fora do contexto da ópera, não é possível saber que o compositor desejava representar uma história tão antagônica. Ainda que os elementos utilizados sejam capazes de despertar as emoções desejadas, as razões e métricas utilizadas pelo compositor para cada tomada de decisão durante o processo de composição permanecem desconhecidas.

Não existe modelo a ser seguido para compor uma música, salvo elementos estilísticos referentes a gêneros musicais específicos, quando aplicável. O processo de construção musical é algo extremamente pessoal e livre de regras gerais, que costuma se basear nas intenções do músico e em suas experiências anteriores. Dado esse contexto, é fácil perceber que descrever de forma precisa e objetiva as características que fazem uma composição ser considerada “boa” tem sido um dos grandes

desafios da musicologia. Carlos Sandroni, por exemplo, se dedica a estudar as características do Samba em (SANDRONI, 2001). Muitas vezes os próprios músicos têm dificuldade de explicar o motivo de determinadas decisões durante o processo de criação, atribuindo a responsabilidade a conceitos como improvisação e feeling. Por consequência, traduzir tais características de expressividade para o universo computacional se torna uma tarefa de igual complexidade.

Os motivos pelos quais pode-se querer entender melhor os elementos presentes numa composição são diversos, e interessam tanto à Música como à Computação. A Musicologia busca entender e definir melhor todos os processos e conceitos que regem a música, e a capacidade de explicar claramente o processo de criação musical certamente daria origem a diversas novas teorias. Já a Computação se utiliza dessas teorias musicais para realizar processos e produzir artefatos relacionados à música. Dentre seus possíveis usos para essas novas teorias, podem ser citados a classificação musical para fins de recomendação ou catalogação e a geração automática de conteúdo musical, que pode ser em tempo real ou não.

2.1 Ritmo

Toussaint (TOUSSAINT, 2013), através de citação de (MONAHAN e CARTERETTE, 1985), diz que, dos muitos componentes que compõem a música, dois se destacam: ritmo e melodia. Ritmo costuma ser associado com tempo e com o eixo horizontal numa partitura ocidental típica. Melodia, por outro lado, costuma ser associada com frequência (*pitch*)² e com o eixo vertical. Ainda que ritmo e melodia possam ser estudados independentemente, na música, eles geralmente interagem entre si e influenciam um ao outro de formas complexas. É importante frisar que o ritmo também possui subcomponentes muito importantes, como a intensidade dos ataques³, que é responsável pela dinâmica da composição, e o timbre, que é uma dimensão análoga

² Neste trabalho, os termos “*pitch*” e “frequência” podem ser utilizados alternadamente visando passar o mesmo significado.

³ Ataques são investidas discretas no instrumento que está sendo tocado, de forma a gerar algum tipo de som. Ataque é o início rápido e decisivo de uma nota ou passagem (OXFORD).

à frequência, sendo assim um elemento complexo, cujo estudo, por si só, é tão complexo quanto o de uma música inteira, visto que ele é a base para conceitos como melodia e harmonia.

Na literatura é possível encontrar diversas pesquisas que abordam essa temática, como em (MALGAONKAR, NAG, *et al.*, 2013) e (WU, LIU e TING, 2014). Enquanto cada pesquisa traz uma abordagem diferente, muitas delas possuem um aspecto em comum: o foco em harmonia e melodia (ALFONSECA, CEBRIÁN e ORTEGA, 2007); (GUSTAFSON, 1988); (GILLET e RICHARD, 2004). Apesar destes serem elementos extremamente importantes, percebe-se uma deficiência de estudos numa outra área talvez até mais essencial dentro do espectro musical - o ritmo (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005); (SAMPAIO, 2006); (GOUYON e DIXON, 2005); (HONING, 2002).

Ritmo é um dos mais importantes elementos dentro de uma composição musical (SHENOY e WANG, 2005). Sua ausência é inconcebível, pois toda composição, possuindo ou não instrumentos percussivos em sua conjuntura, é intrinsecamente geradora de ritmo. A magnitude da sua importância é descrita pela afirmação de (COOPER e MEYER, 1960): “Estudar o ritmo é estudar a música por completo. O ritmo ao mesmo tempo organiza e é organizado por todos os elementos que criam e moldam o processo musical”.

Embora o ritmo seja tão essencial e onipresente, o estudo da forma como ele é percebido é um assunto controverso, não havendo ainda uma teoria amplamente aceita sobre essa dimensão musical (SAMPAIO, 2006), de acordo com (WEYDE, 2001) e (HONING, 2002). Por sua vez, essa situação contrasta com a harmonia e a melodia, campos já bem conhecidos e trabalhados (GOMEZ, MELVIN, *et al.*, 2005); (PACHET, 2000); (TOUSSAINT, 2003a).

O ritmo é uma característica tão inerente à música que sua influência pode ser percebida mesmo em quem apenas ouve, sem participar ativamente de sua geração. Quando alguém balança a cabeça ou bate com o pé ou a mão de maneira igualmente espaçada no tempo ou seguindo um padrão, diz-se que o movimento está sendo feito de forma ritmada (SETHARES, 2009). Esse fenômeno ocorre porque a mente humana induz uma grade temporal (também conhecida como pulsação ou *clock*) toda vez que o indivíduo ouve um evento minimamente regular, e constitui o conceito de pulsos isocrônicos, onde, através dessa grade, o cérebro demarca os momentos nos quais é mais provável que haja o ataque de uma nota (PARNCUTT, 1994). É preciso ressaltar,

no entanto, que apesar de possuir esta capacidade intuitiva de perceber e acompanhar a grade temporal, certas capacidades mais técnicas, como a percepção da estrutura métrica de uma composição (por exemplo, conseguir identificar o compasso), dependem fortemente de treinamento musical prévio (DRAKE, JONES e BARUCH, 2000).

É dito ainda que atividades rítmicas são uma das únicas maneiras que o ser humano possui de interagir com o tempo:

“A luz é sentida com os olhos, e o som com os ouvidos, mas qual órgão sente a passagem do tempo? Nenhum, e ainda assim sabe-se claramente que ele está passando”
(SETHARES, 2007).

Gouyon corrobora essa ideia (GOUYON e DIXON, 2005), afirmando que o som é, por natureza, temporal, e a palavra “ritmo”, de maneira bem genérica, é utilizada para se referir a todos os aspectos temporais de um trabalho, seja ele representado numa partitura, medido numa performance ou existente apenas na percepção do ouvinte.

Dada essa contextualização, surge a pergunta que originou este trabalho: quais as características e os fatores que fazem com que uma determinada levada percussiva combine seja musical e ritmicamente com outra?

Para responder a essa pergunta, é necessário primeiramente deixar claro o que se quer dizer com “combinação musical”. Como já foi mencionado, o campo da Música é extremamente subjetivo no que diz respeito à qualidade artística de uma composição. O que para muitos é considerado uma obra-prima, para outros pode soar entediente e sem propósito. O “Concerto de Brandenburgo” (J. S. Bach) pode parecer enfadonho para quem está acostumado com as canções pop que tocam no rádio, enquanto um funk carioca pode parecer ofensivo e simplório para um compositor clássico. Dessa forma, para este trabalho, o conceito de “combinação musical” resume-se ao encaixe natural de duas levadas percussivas de maneira que sua soma resulte num ritmo agradável e que mantenha as características do gênero musical desejado.

Figura 2.1 - Exemplo de partitura de baião com frases rítmicas.

Coração do norte

Pedro Sertanejo

transcrição: Leo Rugero

The musical score consists of four staves, each with a key signature of one sharp (F#) and a common time (indicated by a '2').

- Sanfona:** Shows a mix of eighth and sixteenth note patterns, primarily in groups of three or four.
- agogô:** Shows vertical dashes for rests, indicating sustained silence.
- triângulo:** Shows a repeating pattern of eighth-note pairs, with '+' signs above some notes.
- zabumba:** Shows vertical dashes for rests and includes some open circles below the notes.

Retirada de <http://iderval.blogspot.com.br/> (visitado em 08/06/2015).

Saber se uma combinação de levadas rítmicas se mantém dentro do gênero musical desejado, ainda que não seja a mais trivial das tarefas, é factível através da utilização de uma série de regras extraídas a partir de inúmeras análises de exemplos. É possível saber, por exemplo, qual(is) a(s) assinatura(s) de tempo mais comumente encontrada(s) em composições já existentes, ou os instrumentos mais tipicamente utilizados para aquele gênero musical, e comparar com as amostras testadas. Por outro lado, quantificar quanto bem soa uma combinação rítmica costuma envolver opiniões e experiências anteriores de cada indivíduo, o que frequentemente leva a discussões acaloradas. Não existem sequer parâmetros bem definidos que possam ser mensurados para efeito de comparação. Para responder à pergunta anterior, é preciso antes responder a outra indagação: o que define um bom ritmo?

2.2 Abordagem

Indagar o que define um bom ritmo é quase uma pergunta retórica, pois nem mesmo o mais experiente e estudooso músico saberia respondê-la. Além da subjetividade inerente da música, quando um artista é perguntado sobre seu processo criativo

ou as razões por trás de determinadas decisões, ele normalmente se vê numa situação complicada, pois tudo é muito abstrato. A maneira mais natural que um artista consegue se expressar é justamente através da sua arte, de forma livre e imerso no contexto do processo artístico.

Diante disso, decidimos seguir a abordagem de entrevistar especialistas na área para coletar suas ideias e teorias sobre os elementos que fazem uma música ser considerada boa. Apesar da existência de trabalhos aprofundados nesse ramo da teoria musical, como o de Toussaint (TOUSSAINT, 2013), decidimos adotar um caminho independente, para verificar se realmente as hipóteses levantadas por ele condiziam com aquelas em que os músicos e estudiosos acreditam. Além disso, as batucadas⁴, nosso principal objeto de interesse, são uma forte tradição brasileira, de forma que talvez as teorias de Toussaint não se apliquem a elas da mesma maneira que outras composições. Por fim, nossa abordagem nos permitiu criar uma ferramenta para avaliar hipóteses musicológicas com relação ao seu potencial de automação.

⁴ Batucada é um termo genérico que descreve uma produção percussiva composta por um ou mais músicos tocando instrumentos unicamente percussivos de forma simultânea e harmônica.

Capítulo 3

Estado da Arte

Devido à baixa ocorrência de estudos específicos na área, trabalhos focados no tema tendem a ser mais escassos, ou particularmente difíceis de rastrear. Ao mesmo tempo, sendo esta uma pesquisa que depende de conhecimentos teóricos e práticos de diversas áreas, é possível compilar o estado da arte deste assunto através da extração de informações específicas sobre cada um desses tópicos.

Dentre os assuntos relacionados, encontram-se temas como extração de características musicais (MIR), geração automática de conteúdo, papéis rítmicos, modelos de representação musical, estudos de similaridade musical e outros. De forma geral, houve uma grande divisão entre pesquisas sobre métodos de representação musical e sobre o aglomerado de áreas relacionadas à geração de conteúdo musical e sua análise.

Em consonância com o método que utilizamos (que pode ser visto com mais detalhes no capítulo de metodologia), antes de qualquer estudo computacional, partimos para os estudos dos trabalhos teóricos sobre as características que fazem com que uma frase rítmica “case” com outra. Nesse âmbito, o trabalho a seguir, apresentado por Godfried Toussaint (TOUSSAINT, 2013), obteve o maior destaque.

3.1 The Geometry of Musical Rhythm: What Makes a “Good” Rhythm Good?

Este foi, sem dúvida, o trabalho teórico mais aprofundado e relacionado com o tema desta pesquisa dentre os encontrados. Pela indagação que complementa o título, é possível perceber como Toussaint busca resolver essa questão ainda tão pouco explorada no campo da musicologia, e como ela é relevante. Através de uma compilação de dados e fontes, o autor passa por diversos tópicos relacionados ao

assunto, desde classificação e métodos de representação de informações musicais até comparações improváveis com áreas como cristalografia e radioastronomia. Tudo isso é feito, no entanto, de forma fundamentada, e outros assuntos relevantes também são abordados, como imparidade rítmica, distância geométrica, complexidade rítmica, etc.

Além disso, uma das contribuições mais importantes do trabalho de Toussaint para esta pesquisa é sua detalhada listagem de características que, de acordo com o conhecimento que ele adquiriu ao longo do tempo (TOUSSAINT, 2003b), contribuem de forma protagonista para um ritmo ser considerado “bom”. Cada uma dessas características é descrita a seguir, de forma resumida.

3.1.1 Máxima Regularidade

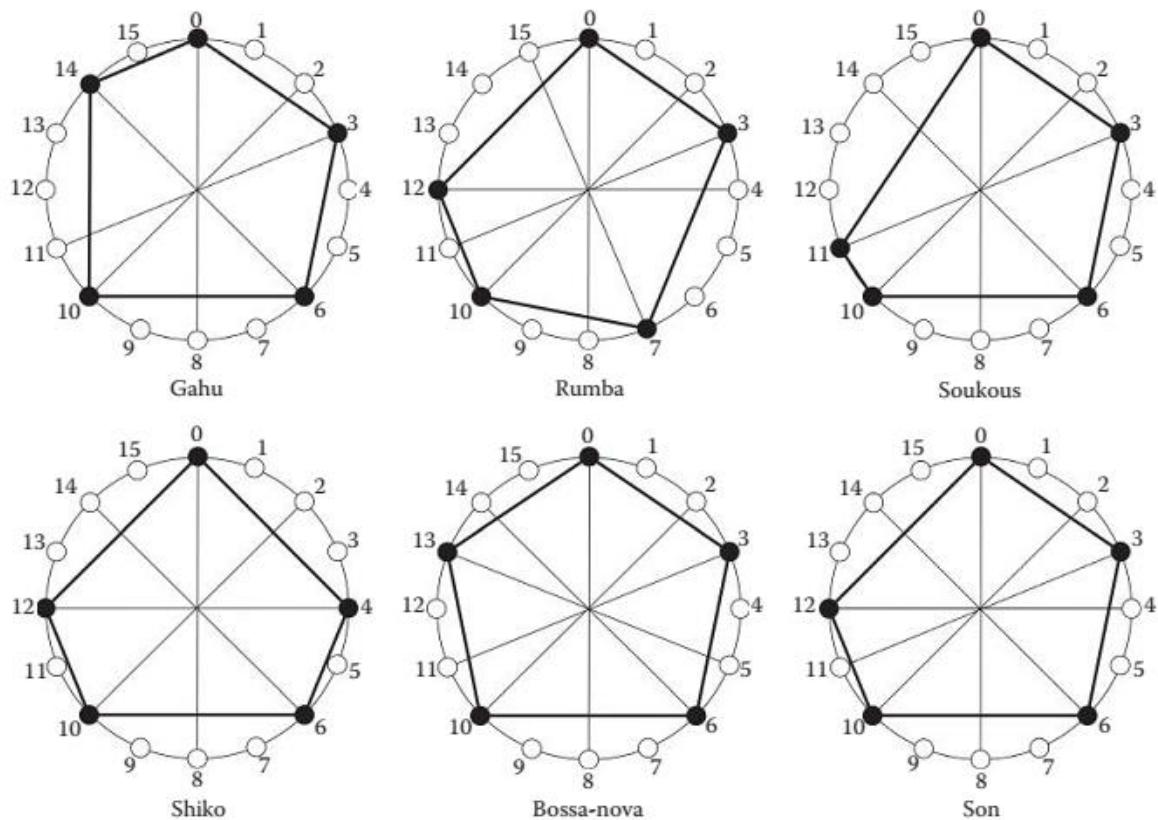
Uma característica inerente à maioria dos ritmos ocidentais é a regularidade. Ela ocorre com maior ou menor expressividade a depender da composição, e sua representatividade resulta em diferentes sensações para o ouvinte. A máxima regularidade ocorre quando todos os intervalos entre ataques (do inglês, *inter-onset interval*, ou IOI) têm a mesma duração.

No entanto, ritmos perfeitamente espaçados são excessivamente regulares e tornam-se pouco interessantes musicalmente. Eles podem, claro, ser utilizados para fins específicos, como ostinatos e marchas marciais, todavia, de acordo com Toussaint, Curt Sachs diz que, para funcionar bem como uma linha do tempo musical, um ritmo deve apresentar alguma assimetria. Este pensamento se encaixa com algumas das principais hipóteses levantadas nas entrevistas e descritas na seção de Hipóteses, onde a existência de alternâncias (de timbre, ritmos, papéis musicais, batidas, dentre outros) é frequentemente citada como um elemento de extrema importância. Sachs finaliza dizendo que a assimetria traz o elemento-surpresa à regularidade, outra expressão mencionada nas entrevistas transcritas no Anexo 2. Em resumo, um ritmo deve ter a maior regularidade possível, mas sem ser completamente regular (a regularidade não deve compreender a totalidade do ritmo, mas deve abranger grande parte).

3.1.2 Imparidade Rítmica

De acordo com o autor, a imparidade rítmica é determinada se, ao dispor o ritmo numa representação circular, não existem duas batidas que se localizem em posições diametralmente opostas. Um exemplo mais claro desta característica pode ser visto na figura a seguir.

Figura 3.1 - Imparidade rítmica em 6 diferentes ritmos.



Retirada de (TOUSSAINT, 2013).

É possível perceber que os ritmos Gahu, Soukous e Shiko não atendem ao requisito da imparidade rítmica, enquanto os outros o fazem. Além disso, essa representação pode ser utilizada também para calcular o grau de imparidade de cada ritmo, de acordo com as distâncias de cada batida (pontos pretos) para seus tempos (pontos brancos) mais próximos que ficam diametralmente opostos a alguma outra batida. Quanto maior a soma dessas distâncias num ritmo, maior é sua imparidade rítmica.

A mesma ideia de imparidade rítmica é mencionada por (SANDRONI, 1996), remontando à descrição apresentada por Simha Arom em 1985. De acordo com Sandroni, Arom realizou um estudo aprofundado nas músicas africanas, e percebeu que

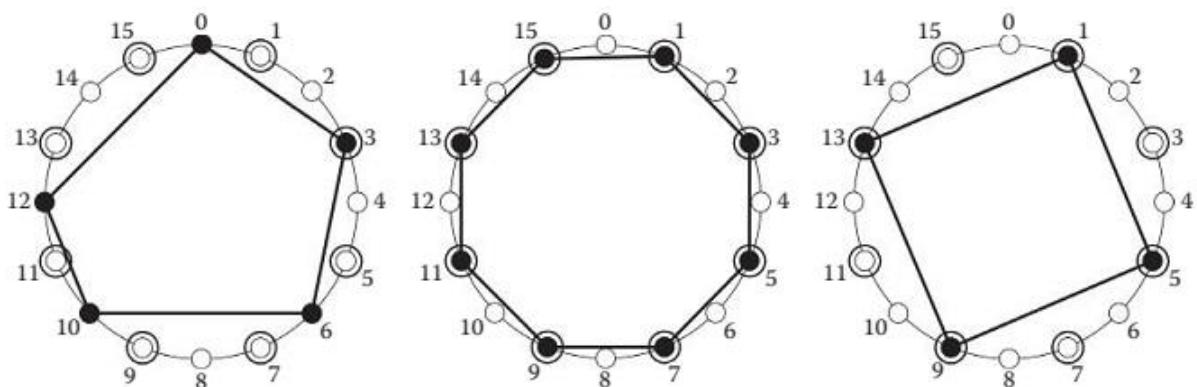
o fenômeno da imparidade rítmica era uma característica frequente naquelas composições.

3.1.3 Batidas Fora do Tempo (Off-Beatness)

Ao observar um ritmo na representação circular e dividi-lo em partes (regiões) iguais, como num gráfico de setores, estas partes compreendem tanto pulsos fortes (aqueles que se encontram nas arestas das regiões ou “fatias”) como pulsos fracos ou fora do tempo (aqueles que se encontram “no meio” das fatias). Utilizando como exemplo o ritmo Shiko, da Figura 3.1, temos um ritmo dividido em 8 “fatias”, onde os pulsos que se encontram nas arestas das fatias (tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) são fortes, e os outros tempos, fracos. Vale salientar que, para as representações de Toussaint, o tempo 0 é o equivalente ao tempo 1 comumente observado pelos músicos (o tempo da primeira semicolcheia, por exemplo).

Dessa maneira, os pulsos que se encontram exatamente no meio de cada fatia são denominados *off-beats* (representados na Figura 3.2 por círculos duplos), e os que não se encaixam em nenhum dos casos citados anteriormente (ou seja, não estão nem nas extremidades das fatias, nem na exata metade das mesmas) são chamados de *double-time off-beats*, indicando que, em relação à divisão macro do círculo, eles são os que se encontram mais fora do tempo (seriam representados por pulsos entre os círculos simples e os círculos duplos. Na figura a seguir, é possível ver três ritmos que se encontram completamente fora do tempo.

Figura 3.2 - Ritmos completamente fora do tempo.



Retirada de Toussaint (2013).

Toussaint ressalta, no entanto, que esta medida, isoladamente, só é capaz de demonstrar algo quando o ritmo está inserido na notação circular, pois fora dela não é possível perceber se as batidas estão no tempo ou fora dele.

3.1.4 Batidas Fora do Tempo Ponderadas (Weighted Off-Beatness)

Partindo do mesmo princípio da característica anterior, este ponto sugere que as batidas denominadas *off-beats* e *double-time off-beats* recebam pesos. Assume-se que o peso possuiria uma proporção de x para o primeiro tipo e $2x$ para o segundo, mas o autor deixa claro que ainda não há estudos matemáticos suficientes para definir a relevância desta característica, ficando em aberto para trabalhos futuros.

3.1.5 Complexidade Métrica

Esta característica se baseia nos pesos atribuídos pela hierarquia de Lerdahl-Jackendoff (LERDAHL e JACKENDOFF, 1985) a um ritmo de 16 pulsos (os pesos atribuídos por essa hierarquia são, em sequência, 5, 1, 2, 1, 3, 1, 2, 1, 4, 1, 2, 1, 3, 1, 2, 1). Somando os pulsos dos tempos em que ocorrem batidas e subtraindo este valor do máximo que um ritmo de 16 pulsos com aquela quantidade de batidas pode atingir, obtém-se a complexidade métrica deste ritmo. De acordo com o autor, quanto maior for a complexidade métrica, melhor é o ritmo.

3.2 Métodos de Representação Musical

Analisamos que o trabalho de Toussaint apresentado na seção anterior, apesar de extremamente abrangente do ponto de vista teórico, talvez não conciliasse com outras formulações, principalmente quando se leva em consideração que ritmos variam muito de lugar para lugar. Além disso, não encontramos quase nenhum trabalho na área abordando as mesmas teorias de forma independente (sem ter como base os trabalhos de Toussaint). Considerando que este trabalho tem como propósito verificar a viabilidade de transportar as hipóteses dos músicos para o ambiente computacional, demos continuidade ao nosso roteiro, sem pré-suposições, de forma a obter as teorias dos entrevistados de forma completamente imparcial.

Para essa verificação, precisaríamos desenvolver uma ferramenta que fosse capaz de analisar amostras musicais e para isso, precisaríamos avançar para uma etapa essencial: a transcrição das amostras para um modelo de representação musical (HONING, 2001). A informação inicial poderia estar disposta de diferentes maneiras (áudio puro, arquivos MIDI⁵, partituras, etc.), dependendo do tipo de base de dados que fosse escolhida, sendo necessário converter esses dados para um formato comum antes de analisá-los. Tal formato deve possibilitar ao mesmo tempo a compreensão humana e o processamento pelo computador, como uma notação.

Notações musicais⁶ representam o tempo através de uma metáfora espacial. A partir de um número quase infinito de timbres, ritmos, frequências e gestos sônicos, essas notações extraem uma pequena quantidade de características para enfatizá-las de forma geométrica, numérica ou figurativa (SETHARES, 2007). Como é de se esperar numa transposição dessa magnitude, alguma informação sempre é perdida no processo, do contrário haveria o risco do resultado final ser tão poluído de informações que sua interpretação se tornaria muito lenta, ou até mesmo impraticável. É importante notar também que, devido às significativas diferenças culturais entre os gêneros e estilos musicais, nem todas as notações existentes conseguem representar com plenitude as informações musicais necessárias para transcrever composições de todas as culturas. Como diz (GOUYON e DIXON, 2005), não existe uma única forma de representação de ritmo que se encaixe para absolutamente todas as aplicações. A seguir são apresentadas algumas formas de notação rítmica pesquisadas e avaliadas para uso neste trabalho. Seus prós e contras são levantados e a notação escolhida é apresentada juntamente com a devida justificativa.

⁵ MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) é um protocolo que permite que dispositivos (normalmente relacionados à música) se comuniquem de forma clara, através de mensagens descritivas dos eventos que ocorrem. É comum encontrar músicas conhecidas transcritas em arquivos no formato MIDI, principalmente em softwares de edição musical e bases musicais utilizadas para fins de estudo.

⁶ Ao longo deste trabalho, as expressões “notação rítmica”, “notação musical”, “representação musical” e outras combinações destes mesmos termos serão utilizadas alternadamente com o mesmo significado.

3.2.1 Partituras

Quando seres humanos cantam ou tocam um instrumento, eles reproduzem notas musicais. Da mesma forma, na partitura, notas são reproduzidas em formato gráfico, divididas em intervalos de tempo e intercaladas por pausas. O tom de cada nota é descrito, assim como sua duração relativa, de acordo com o andamento da música, e esses dados são distribuídos ao longo de pautas (TOUSSAINT, 2005). Essa é provavelmente a notação mais conhecida no mundo da música.

Figura 3.3 - Partitura.



Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

Uma derivação muito próxima da partitura é a tablatura, representada abaixo juntamente com outra partitura. A tablatura apresenta algumas variações de acordo com o instrumento cujas notas estão sendo representadas. Para representar músicas para bateria, é inserida uma nova linha para cada diferente instrumento. No caso da tablatura abaixo, ela representa as notas correspondentes à partitura da parte superior da imagem. Cada linha equivale a uma das cordas do violão ou guitarra, e os números indicam as casas do instrumento que devem ser apertadas a cada passo.

Figura 3.4 - Tablatura, outra notação derivada da partitura.

One Note Samba
TAB generated by LickByNeck software

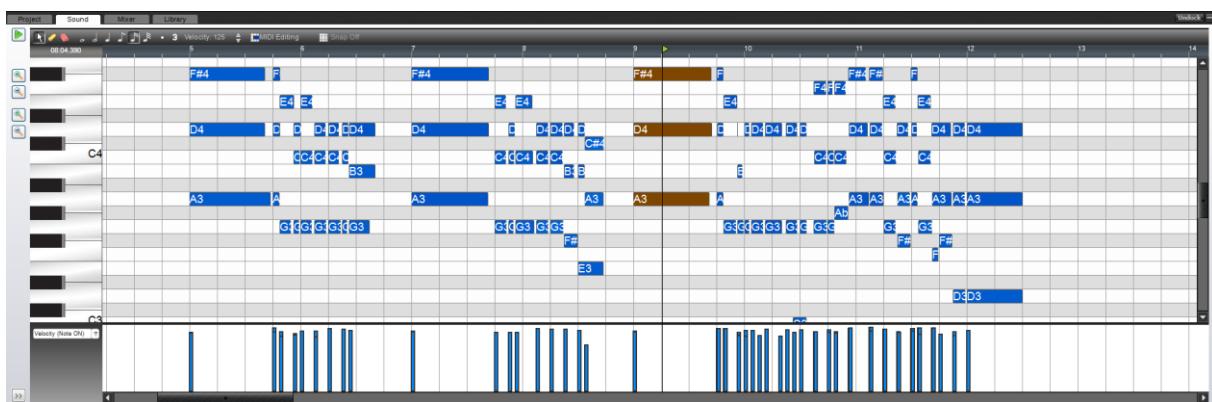
Standard tuning

Moderate $\text{♩} = 150$

The score consists of two staves. The top staff is a musical staff with a treble clef, showing notes and rests. The bottom staff is a guitar tablature (N-Gt) with six horizontal lines representing the strings. Fingerings are indicated above the strings, such as '3' over the first string and '5' over the third string. Performance instructions like 'let ring' are placed below certain notes. Dynamic markings like 'f' (fortissimo) are also present.

Composição de Antônio Carlos Jobim.

Figura 3.5 - Notação "piano roll", derivada da partitura.



Fonte: Internet.

A partitura serviu também de inspiração para algumas variações voltadas para softwares, como pode ser visto na figura acima. O software em questão é o *Mixcraft*, desenvolvido pela empresa de nome *Acoustica*. Apesar da interface bastante diferente da aparência clássica de uma partitura, na notação *Piano Roll* os conceitos-base permanecem, como a divisão por faixas ou “pistas” e a disposição do tempo no eixo horizontal. No entanto, é possível perceber que a duração das notas é representada de

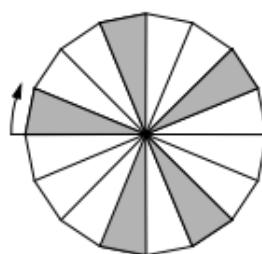
forma mais gráfica, através do tamanho da forma que representa aquela batida, visando tornar mais intuitivo o processo de edição.

De forma geral, a partitura foi e continua sendo a base para diversas outras formas de representação musical. No entanto, seu formato é feito para a leitura humana, e sua utilização no meio computacional depende de outros métodos de representação.

3.2.2 Notação Cíclica

Uma modalidade um pouco menos conhecida, a notação cíclica permite uma representação visual intuitiva que pode ser facilmente identificada por quem a vê. Essa é uma notação bastante antiga, tendo sido encontrada em livros árabes sobre ritmo que datam do século XIII (TOUSSAINT, 2004). Nesse modelo, uma circunferência é dividida em “fatias”, onde aquelas fatias que estão preenchidas representam batidas dentro de um ciclo, enquanto uma seta indica a batida inicial e a direção da sequência. Um diferencial desta notação é que, ao contrário de grande parte das outras, ela representa a natureza cíclica dos ritmos, que tendem a repetir padrões ao longo do tempo (notações não-circulares costumam representar o começo e o fim da frase em extremos opostos, abstraindo a noção de regularidade).

Figura 3.6 - Notação cíclica.



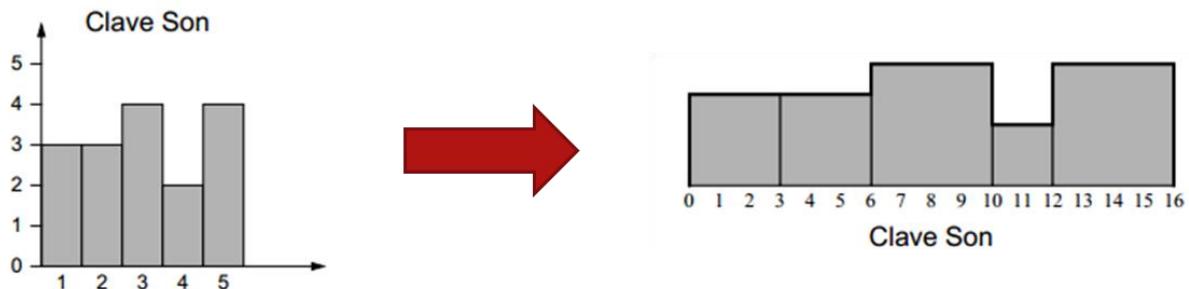
Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

3.2.3 Notação TEDAS

Proposta por Kjell Gustafson em 1987 (GUSTAFSON, 1988), a notação *Temporal Elements Displayed As Squares* (TEDAS) representa os momentos (batidas) da

música num gráfico de duas dimensões. Com isso, Kjell tentava resolver uma questão que outras notações com conceitos similares falhavam em representar: a duração de cada batida. Enquanto em outras notações é possível saber o momento relativo em que uma batida aconteceu e o intervalo de tempo até a próxima batida, normalmente não há como saber por quanto tempo aquela batida soou⁷. Nesta notação, a duração da batida é exibida no eixo X, enquanto o eixo Y exibe os respectivos valores no histograma.

Figura 3.7 - Notação TEDAS.



Retirada de Toussaint (2004) e editada.

3.2.4 Polígono Convexo

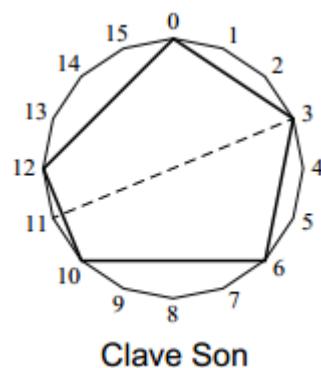
Além de possuir claras semelhanças visuais com a notação cíclica, a notação do polígono convexo permite observar diversas características do ritmo transcrita que, de outra maneira, dificilmente seriam percebidas. No exemplo a seguir, é possível ver um período de tempo dividido em 16 intervalos, representado por um polígono quase circular. Dentro dele há um pentágono, cujos vértices representam os momentos dentro desse período onde ocorrem batidas do instrumento. Nessa imagem, fica claro que

⁷ Instrumentos percussivos são normalmente associados a acontecimentos discretos no tempo, mas eles também podem ter decaimentos longos (como pratos e tambores), assim como podem ser abafados logo após o ataque, resultando numa curta sustentação e um decaimento quase imediato.

Por sua vez, ataque, sustentação e decaimento são terminologias referentes aos diferentes estágios que uma onda sonora apresenta. Ataque é intervalo que um som demora para atingir sua intensidade máxima, e normalmente é quando se percebe a maior intensidade do som. Sustentação é a duração da nota num determinado patamar de intensidade, e decaimento é o processo de perda de intensidade da nota, até atingir o silêncio.

há uma simetria dentro do ritmo (demonstrada pela linha tracejada que divide o pentágono circunscrito na metade), característica que talvez, sem esta notação, não fosse detectada. Além disso, outras observações podem vir a ser feitas utilizando diferentes teoremas existentes na trigonometria, como o encontro de bissetrizes, a influência dos ângulos internos (TOUSSAINT, 2004) e externos no ritmo, etc. Vale salientar que tais características podem ou não significar algo em termos musicais, e apesar de poderem ser observadas, não necessariamente permitem algum tipo de conclusão.

Figura 3.8 - Polígono convexo.



Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

3.2.5 Music Encoding Initiative (MEI)

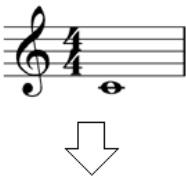
Apesar de não ser exatamente uma notação, a MEI é um esforço de código aberto para definir um sistema de codificação de documentos musicais para uma estrutura que pode ser interpretada por computadores. Oriunda de algumas versões anteriores, a versão do MEI apresentada em (HANKINSON, ROLAND e FUJINAGA, 2011) traz uma enorme modificação no sistema, fazendo com que ele deixe de ser apenas um esquema estático de documentação musical para se tornar um framework extensível de codificação de documentos. Em seu módulo central (MEI Core), são providas funcionalidades comuns às mais diversas aplicações conhecidas, fazendo com que desenvolvedores não tenham que desenvolver do zero aspectos básicos do tratamento, manipulação e documentação de composições musicais. Além disso, sua parte extensível permite que a comunidade utilize esse módulo central e foque apenas no desenvolvimento das partes específicas ao seu projeto. Essas extensões podem

então ser submetidas para incorporação no módulo central, de acordo com o critério de um processo seletivo, se suas funcionalidades extras se mostrarem pertinentes ao grupo de funcionalidades básicas e gerais do MEI Core.

3.2.6 MusicXML

A notação MusicXML (MUSICXML) é um padrão amplamente adotado entre softwares musicais, o que a torna uma forte candidata. Como seu nome diz, ela se utiliza do mesmo paradigma de estruturas XML comuns, com *tags* de marcação.

Figura 3.9 - Notação MusicXML.



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<!DOCTYPE score-partwise PUBLIC
  "-//Recordare//DTD MusicXML 3.0 Partwise//EN"
  "http://www.musicxml.org/dtds/partwise.dtd">
<score-partwise version="3.0">
  <part-list>
    <score-part id="P1">
      <part-name>Music</part-name>
    </score-part>
  </part-list>
  <part id="P1">
    <measure number="1">
      <attributes>
        <divisions>1</divisions>
        <key>
          <fifths>0</fifths>
        </key>
        <time>
          <beats>4</beats>
          <beat-type>4</beat-type>
        </time>
        <clef>
          <sign>G</sign>
          <line>2</line>
        </clef>
      </attributes>
      <note>
        <pitch>
          <step>C</step>
          <octave>4</octave>
        </pitch>
        <duration>4</duration>
        <type>whole</type>
      </note>
    </measure>
  </part>
</score-partwise>

```

Retirada de MusicXML.com.

3.2.7 Notação de Intervalos

Dentre as notações estudadas, esta certamente é a mais simples e direta, além de ser a que gera o menor *overhead* de dados. Numa única linha, são dispostos valores que representam apenas os intervalos entre as batidas (TOUSSAINT, 2005). A partir dessas informações, é possível inferir quais foram os tempos em que as batidas ocorreram, assumindo que seja definido um padrão sobre a primeira batida (fica a critério do usuário definir como tratar composições em que a primeira batida não ocorra exatamente no primeiro momento da música). Por outro lado, apesar de ser uma notação simples e direta, sua compreensão por seres humanos pode se tornar difícil de acompanhar, dado que se trata de uma notação cumulativa, e para compreender em que momento se encaixa determinada batida numa música, é preciso ter noção de todos os intervalos anteriores. A seguir ela pode ser vista representando o mesmo ritmo que nas notações anteriores.

Figura 3.10 - Notação de intervalos.

3 3 4 2 4

Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

3.2.8 Notação Binária

Nesta notação, de maneira objetiva, o ritmo é dividido entre ataques e intervalos. Cada um desses momentos é representado por um caractere, que pode resultar nas mais diversas variações do *layout* final, mas todas sempre apresentando o mesmo comportamento. É uma representação extremamente simplificada, que pode ser facilmente compreendida por seres humanos e máquinas. No entanto, devido à sua natureza inherentemente simplista, algumas informações são perdidas na transposição da composição musical para a notação. Exemplos bastante comuns de sua utilização podem ser vistos a seguir. Na primeira linha, os ataques são representados pela letra 'x', enquanto os momentos de intervalo são representados por pontos. Na segunda linha, a representação binária mais popularmente conhecida no ramo da computação traz o número 1 como representante dos ataques, e o 0 representando os intervalos.

Figura 3.11 - Notação binária.

X . X . X . . X . X . .
1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

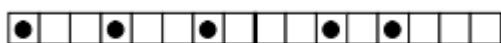
3.2.8.1 Time-Unit Box System

Possuindo significativa semelhança conceitual com a notação binária, a notação *Time-Unit Box System* (TUBS) foi desenvolvida por Philip Harland, na *University of California*, em Los Angeles, em 1962, sendo muito popular entre etnomusicólogos e percussionistas que não têm familiaridade com a música ocidental (TOUSSAINT, 2004); (TOUSSAINT, 2005).

Sua visualização texto-gráfica permite que ela seja facilmente compreendida por um ser humano, enquanto uma máquina lidará com sua interpretação sem problemas. Além disso, ela permite divisões em compassos, algo que algumas das outras notações não preveem.

Por fim, assim como na notação binária, a transposição de uma composição musical para o TUBS exige que alguns sacrifícios sejam feitos no tocante a perdas de informação. Toda notação que define intervalos de tempo necessita que seja definida a duração deste intervalo, a resolução. Para que seja possível representar composições minimamente longas, tal intervalo nem sempre pode ser numa proporção 1:1 com o intervalo de maior resolução dentro da composição original, pois isso geraria uma entrada imensa. Dessa forma, faz-se necessária uma quantização dos dados originais, para que estes possam ser representados, de forma proporcional, numa escala em que o resultado final seja legível.

Figura 3.12 - Notação TUBS.



Retirada de (TOUSSAINT, 2004) e editada.

3.3 Geração e Análise de Conteúdo Musical

Para ser capaz de desenvolver uma ferramenta analítica, é preciso também conhecer as abordagens utilizadas por outros trabalhos na área. Realizamos então uma compilação das pesquisas que, de forma geral, poderiam trazer pontos de vista construtivos para as várias etapas desse desenvolvimento.

3.3.1 A Review of Automatic Rhythm Description

O trabalho apresentado por Fabien Gouyon e Simon Dixon (GOUYON e DIXON, 2005) traz uma análise elaborada sobre os processos de descrição de ritmo publicados na literatura até então. Partindo do princípio de que não existe um único processo para descrever o ritmo, e que cada um possui seus pontos positivos e negativos, os autores discorrem extensivamente sobre as diversas características envolvidas no processo de descrição, incluindo algumas que não costumam ser utilizadas em trabalhos de análise rítmica, como a frequência (*pitch*) das notas.

Além disso, seguindo uma colocação de (HONING, 2002), os autores afirmam que, para representar o ritmo de forma completa, é necessário também levar em conta três aspectos: a estrutura métrica, o tempo e o *timing*. De forma bastante relevante, o documento menciona também as diferentes abordagens e problemas advindos da quantização de dados, passo este que foi tema de discussão sobre sua devida utilização no decorrer deste trabalho de mestrado. Por fim, os autores citam os principais problemas da área, juntamente com um resumo da compilação feita.

Dessa forma, esta revisão trouxe uma grande contribuição para a nossa pesquisa através da apresentação de alguns dos trabalhos mais relevantes na área de descrição e representação de ritmos, possibilitando sua comparação com aqueles que já haviam sido estudados.

3.3.2 Computational Models of Similarity for Drum Samples

Pampalk et al. (PAMPALK, HERRERA e GOTO, 2008) propõem uma comparação entre dois modelos de similaridade para amostras de percussão, o padrão ISO/IEC MPEG-7 e outro modelo, baseado no conceito de imagens de áudio (*auditory images*), que são imagens geradas para cada som que se deseja comparar, onde

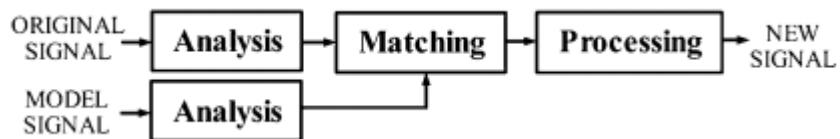
tempo, frequência e volume são representados graficamente. Para tal, os instrumentos são divididos em quatro classes, de acordo com sua frequência (*pitch*): bumbos, caixas, tom-tons agudos e tom-tons graves. Em seguida, os autores descrevem os métodos mais comumente utilizados para classificar amostras de sons percussivos, dentre eles o MPEG-7 e o modelo baseado em *auditory images*.

Através de demonstrações matemáticas, e da construção de um software utilizado para realizar testes manuais onde ouvintes classificavam o grau de similaridade entre duas amostras, eles propõem optimizações nos modelos computacionais de similaridade entre amostras percussivas. Por fim, chegam à conclusão de que o modelo de similaridade baseado em imagens de áudio possui um desempenho significativamente melhor que a abordagem recomendada pelo MPEG-7.

3.3.3 Automatic Rhythm Modification of Drum Loops

Ainda envolvido no campo da classificação de amostras percussivas, o artigo de (RAVELLI, BELLO e SANDLER, 2007) propõe uma abordagem para transformar uma determinada amostra percussiva (*drum loop*) de tal forma que ela se encaixe com um segundo *drum loop*. Esse processo é realizado através de técnicas para a segmentação e classificação de sons de percussão, combinação de sequências percussivas e transformação do *loop* original.

Figura 3.13 - Processo de modificação de loop.



Retirada de (RAVELLI, BELLO e SANDLER, 2007).

Inicialmente, o usuário define o *loop* que deseja modificar (original) e o *loop* com o qual deseja que o original combine (modelo). No primeiro estágio, cada *loop* é dividido em pedaços, e cada pedaço é classificado apropriadamente, de acordo com sua faixa de frequência majoritária, gerando uma sequência simbólica. No estágio seguinte, é encontrado o alinhamento ideal entre as duas sequências. Por fim, o *loop* original é modificado de acordo com esse alinhamento, por meio do uso de dois algo-

ritmos propostos: um deles modifica o padrão rítmico redimensionando temporariamente a duração dos eventos no *loop*, enquanto o outro simplesmente reordena os eventos de acordo com o que for definido no estágio de realinhamento.

No plano conceitual, este trabalho tentou resolver a problemática do casamento de frases rítmicas, assim como a nossa pesquisa. No entanto, ele segue a ordem mais frequentemente observada em outros trabalhos, partindo do âmbito computacional para tentar atingir um resultado musical, indo, portanto, no sentido contrário ao que decidimos adotar. Além disso, ele é inherentemente arbitrário, dado que a forma como as modificações são feitas depende de escolhas e definições pessoais do usuário.

3.3.4 Appropriate and Complementary Rhythmic Improvisation in an Interactive Music System

O trabalho apresentado por Toby Gifford em (GIFFORD, 2013) também demonstra, à sua maneira, a preocupação com a ideia de que as improvisações geradas sejam musicalmente apropriadas e complementares ao resto do conjunto. Para isso, o autor desenvolveu o Jambot, um sistema gerador de conteúdo musical baseado em níveis de confiança. A partir de um *stream* de áudio, ele é capaz de gerar acompanhamento percussivo em tempo real, alternando entre períodos de “imitação” do que está sendo tocado e períodos de “improvisação”.

Para essa alternância, o critério utilizado é o nível de confiança do algoritmo na relação entre o que está sendo tocado e o acompanhamento gerado por ele. A princípio, o sistema separa o áudio original em três faixas de frequência (análogas à divisão entre chimal, caixa e bumbo). Em seguida, calcula a indução métrica (compasso, tempo, etc.) e outras análises rítmicas. Sua teoria para a geração musical parte da ideia de que existem sistemas transformadores e geradores de sons, e existem sistemas reflexivos (a exemplo de (PACHET, 2006)), mas que a abordagem ideal seria uma solução híbrida, se utilizando dos melhores pontos de cada vertente.

Assim como a aleatoriedade no mundo da computação é um conceito subjetivo, o autor admite que a improvisação do Jambot pode também ser chamada de “imitação transformadora”, devido ao seu comportamento analítico, que imita os *onsets* do ritmo original, mas faz várias modificações para ofuscar a relação direta. Dessa forma, no começo da música, o Jambot se mantém na fase de imitação pura, enquanto adquire confiança de que entende bem o que está sendo tocado. A partir do momento em que

essa confiança ultrapassa um limiar, o sistema “se sente” confiante para improvisar. Da mesma forma, no momento em que ele percebe que sua improvisação não está mais condizente, seu limiar de confiança baixa, e ele volta ao modo “seguro”.

Por fim, o Jambot tem um grande potencial, e chega bem próximo de cumprir o que promete no título. No entanto, diante dos exemplos disponibilizados pelo autor, foi possível perceber que o sistema falha ao tentar gerar conteúdo “apropriado”, dado que a grande maioria das improvisações consiste em levadas genéricas que, ainda que se encaixem no ritmo, não necessariamente contribuem para o estilo que está sendo tocado.

3.3.5 CInBalada – Um Laboratório Rítmico

Neste trabalho (SAMPAIO, 2006), o autor realiza um estudo sobre a geração de conteúdo musical através da interação de agentes percussionistas inteligentes. Ele se utiliza de um framework desenvolvido anteriormente que serve de plataforma de execução de agentes inteligentes e também como uma biblioteca de desenvolvimento. Além disso, o autor reapresenta o conceito de Papeis Rítmicos, resgatando a classificação informal que ele atribui a Marcelo Salazar (1991).

Como produto final do trabalho, foi gerado o CInBalada, um sistema multi-agentes onde é possível notar uma grande preocupação com a problemática do casamento de frases rítmicas, visto que cada agente inteligente é capaz de interagir com os outros e, através de negociações, todos tocam apenas as levadas rítmicas do seu acervo que se encaixam com as de seus companheiros. As composições rítmicas criadas pelo software podem ter seu resultado final customizado de acordo com os ajustes feitos pelos usuários (instrumentos, estilo musical, andamento).

3.3.6 A Simple Genetic Algorithm for Music Generation by means of Algorithmic Information Theory

Em (ALFONSECA, CEBRIÁN e ORTEGA, 2007), baseado num trabalho anterior dos mesmos autores que utilizava a Distância da Informação Normalizada para medir a similaridade entre melodias, algumas melhorias são propostas visando melhorar sua eficiência. Para tal, os autores testam diversas variações do operador de recombinações para refinar o algoritmo genético desta aplicação. Eles afirmam que

essa mesma distância pode ser utilizada por algoritmos genéticos para gerar composições musicais em um estilo pré-determinado (o estilo de um autor específico, por exemplo), de forma natural. Infelizmente, como muitos trabalhos envolvendo essa temática, este estudo foca apenas na melodia, deixando o ritmo para pesquisas futuras.

3.4 Considerações Finais

Nesta seção apresentamos os estudos mais relevantes encontrados na literatura. Dado que este trabalho possui uma temática pouco comum e, de certa forma, multidisciplinar, os estudos listados abrangem uma larga gama de áreas de pesquisa, como algoritmos genéticos (MAEDA e KAJIHARA, 2010), métodos de representação musical, geração automática de conteúdo musical, agentes inteligentes, processamento de sinal (SHENOY e WANG, 2005), etc.

Apresentamos o trabalho de (TOUSSAINT, 2013), e explicamos porque, apesar de seu enorme conteúdo, decidimos utilizá-lo apenas para fins de comparação entre as teorias, ao invés de partir do pressuposto de sua existência. Também demonstramos os diversos métodos de representação de informações musicais pesquisados e tecemos comentários sobre suas possibilidades de utilização nesta pesquisa. Além disso, foram descritos os estudos que englobam as diversas áreas relacionadas à geração automática e à análise de conteúdo musical e eles tiveram seus pontos positivos e negativos destacados. Cada um à sua maneira, todos esses trabalhos (e vários outros estudados que não foram mencionados) contribuíram para a elaboração desta pesquisa e seus artefatos.

Capítulo 4

Metodologia

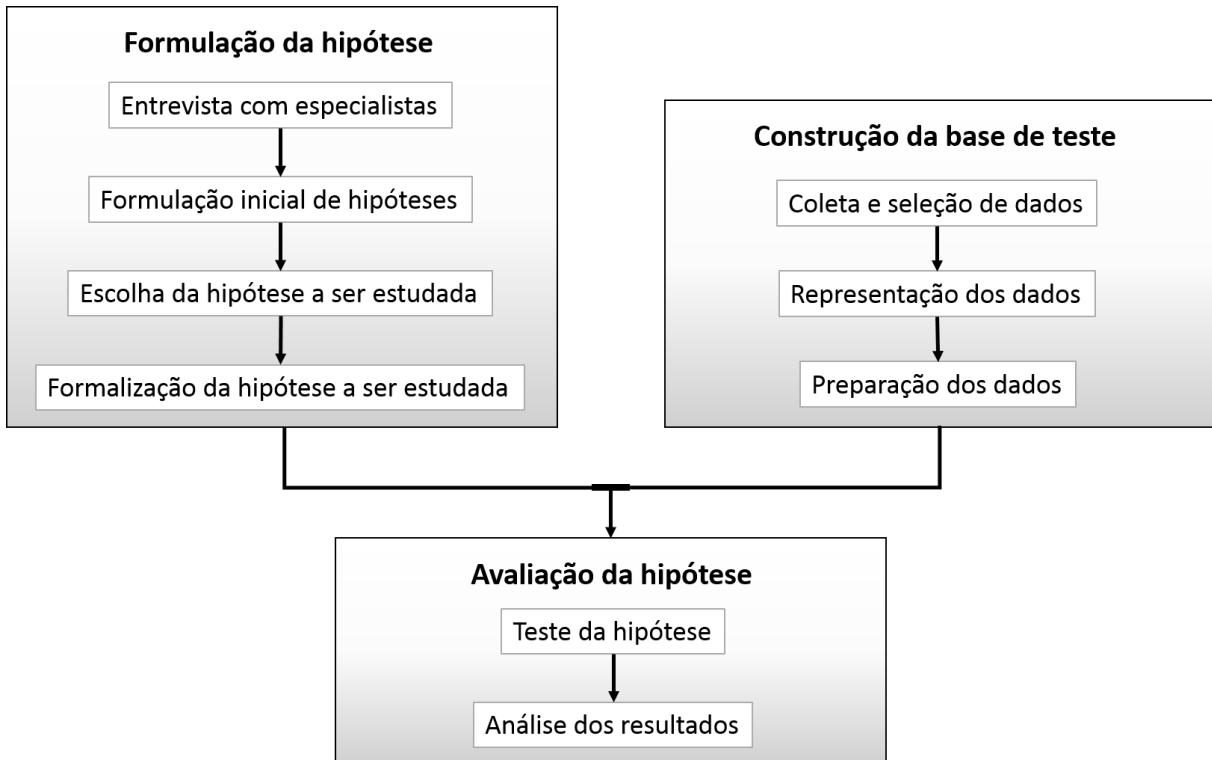
Para a realização de um trabalho cujas raízes envolvem um conceito abstrato, houve o desenvolvimento de métodos tanto para a parte computacional do trabalho como para a parte de entrevistas e obtenção de hipóteses. Ambas estavam profundamente ligadas, pois o surgimento de uma hipótese específica poderia ser inviável de testar com o modelo computacional existente, enquanto, da mesma forma, uma escolha mal embasada do método de representação musical poderia causar sérias limitações ao conjunto de hipóteses que seriam validadas utilizando-se dele.

4.1 Método Geral

Com o estudo das pesquisas, notamos que existe uma tendência dos trabalhos de pensar em como a máquina pode melhorar ou modificar as experiências musicais, sem necessariamente avaliar os problemas pelo viés musicológico. Sugerimos então que deveríamos adotar o caminho inverso, coletando o que existe de dados, práticas e evidências na música para só depois pensar em como automatizar.

Seria possível utilizar as hipóteses da música de forma objetiva? Em caso positivo, que outras possibilidades poderiam surgir dessa nova forma de enxergar os dados? O fluxograma abaixo representa a sequência de decisões tomadas e atividades realizadas para atingir o objetivo deste trabalho, seguido da descrição de cada passo.

Figura 4.1 - Fluxograma do método utilizado no decorrer desta pesquisa.



Fonte: Produção própria.

Para tentar responder à pergunta de pesquisa, enxergamos dois caminhos possíveis. O primeiro seria coletar, representar e processar exemplos de execuções musicais feitas por diferentes *formações rítmicas* (conjunto de instrumentistas de percussão como uma batucada, um grupo de maracatu, uma escola de samba, por exemplo). Por “processar” entendemos aplicar técnicas de aprendizagem de máquina (MITCHELL, 1997) e mineração de dados. Na primeira técnica, um sistema é alimentado com exemplos positivos e negativos de uma determinada questão para que “aprenda” a discernir entre eles. Feito isso, a base de dados que se deseja processar é então entregue a ele, que, baseado no aprendizado prévio, é capaz de separar as amostras desejadas das indesejadas. No entanto, arranjar exemplos negativos (ou contraexemplos) na música é um conceito bastante complexo. Não é possível dizer que determinada composição percussiva é errada ou ruim, pois, mais uma vez, a música é subjetiva. Pode-se dizer que uma composição não se encaixa em determinado estilo musical, mas colocada em outro contexto, ela pode representar um exemplo positivo. Duas levadas rítmicas podem não fazer sentido no samba e se encaixar perfeitamente no *rock*, por exemplo. Dessa forma, utilizar a aprendizagem de máquina

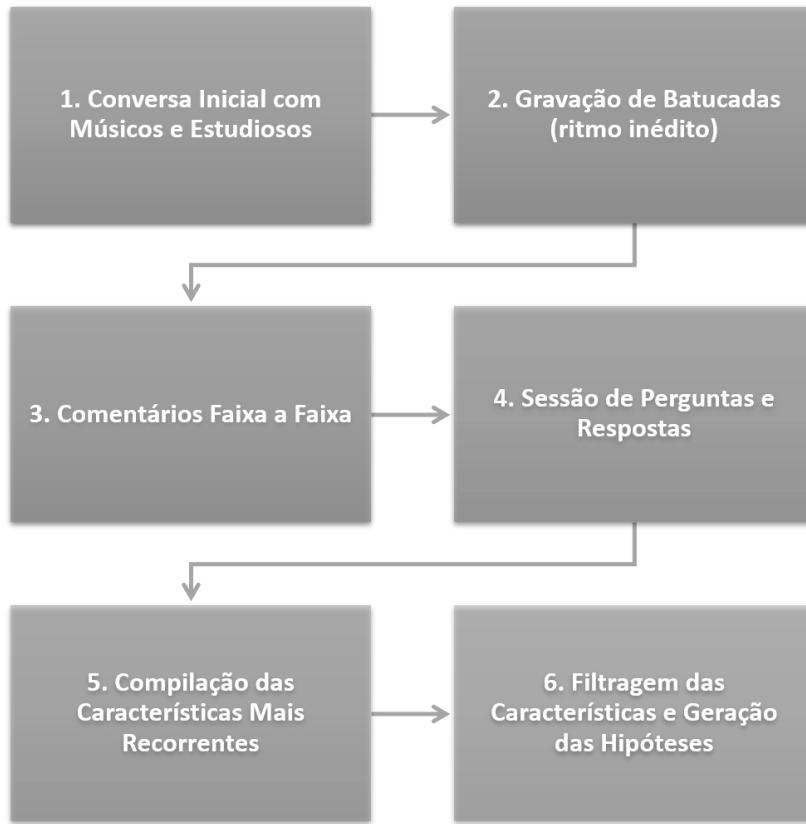
seria uma abordagem bastante complexa. A mineração de dados, por sua vez, se utiliza de diversas ferramentas (e áreas) para encontrar padrões que dificilmente seriam vistos a olho nu em conjuntos de amostras extremamente numerosos, sendo a aprendizagem de máquina uma dessas áreas. No entanto, ainda que não houvesse tais dificuldades, a utilização de qualquer uma dessas técnicas voltaria ao paradigma das tantas outras pesquisas relacionadas: utilizar a tecnologia para tentar melhorar as experiências musicais sem olhar a partir do viés musicológico.

Não sendo possível ou fácil aplicar aprendizagem de máquina, tomamos o segundo caminho, ao seguir o método científico clássico, que é o de formulação e verificação de hipóteses por meio empírico, ou seja, pela confrontação das hipóteses com os dados reais. Para obter tais hipóteses, recorremos à literatura acadêmica, em livros e publicações, e principalmente a entrevistas com músicos e estudiosos, para que pudéssemos ter a visão dos especialistas da área. Para testar as hipóteses, precisaríamos de exemplos musicais concretos, de forma que compilamos uma base de dados composta de amostras percussivas. Por consequência, surgiu também a necessidade de decidir como representar esses dados musicais computacionalmente, o que resultou na compilação de trabalhos sobre o tema apresentados no estado da arte. Da mesma maneira, buscamos definir formas de representar computacionalmente as hipóteses geradas a partir das entrevistas, para que fosse possível testá-las automaticamente. Discutimos ainda os possíveis experimentos para confrontarmos as hipóteses com os dados e decidimos que seria desenvolvida uma ferramenta computacional para realizar todo o processo. Por fim, a partir dos resultados obtidos, tiramos conclusões com respeito à pergunta de pesquisa que norteia este trabalho.

4.2 Formulação de Hipóteses

De posse de uma pergunta que tende a gerar respostas tão subjetivas e ainda pouco concretas (TOUSSAINT, 2013), decidimos que o melhor caminho para tentar respondê-la seria através da realização de entrevistas com músicos e estudiosos da área e tentar obter, dessas conversas, hipóteses que pudessem ser testadas na base de dados musicais. Para melhor referência, este processo pode ser visualizado no fluxograma da Figura 4.2.

Figura 4.2 - Passos realizados no processo de formulação das hipóteses.



Fonte: Produção própria.

Esboçamos um roteiro de entrevista com algumas perguntas diretas e outras menos objetivas (ver a seção 9.1), e amostras percussivas, juntamente com variações das mesmas em termos de andamento e/ou timbre dos instrumentos, foram geradas para que pudessem ser avaliadas pelos entrevistados. No entanto, numa rodada de avaliação prévia, percebemos que uma entrevista tão direta sobre esse assunto acabaria levando a horas de divagação e pouco conteúdo realmente aproveitável, dada a abstração de contexto. Sugerimos então uma abordagem alternativa: numa conversa informal, músicos e especialistas seriam convidados a criar suas próprias composições percussivas através de improvisos, e a partir destas, questionamentos sobre seus processos de criação seriam feitos.

Esta abordagem teve como justificativa a necessidade de uma maior imersão do entrevistado no cenário da composição musical antes de indagá-lo sobre processos e teorias utilizadas na construção de uma levada rítmica. Ao pedir para que o entrevistado criasse, de forma improvisada, composições rítmicas, simultaneamente

Ihe era dada a liberdade para que trouxesse à tona o *feeling* do momento da criação sem se preocupar em pensar em respostas para perguntas (momento este em que o aspecto central é ser capaz de casar frases rítmicas), enquanto era também possível, logo em seguida, indagar sobre suas ideias e os motivos pelos quais determinadas decisões haviam sido tomadas.

A cada entrevistado foi explicado o intuito do trabalho (1), juntamente com uma breve conversa sobre seu *background* musical, e em seguida foram disponibilizados 3 instrumentos que visavam abranger as principais faixas de frequência: uma pandeirola (altas frequências), um repinique (frequências médias) e um bumbo (baixas). Dada a flexibilidade inerente a este modelo de entrevista, outros instrumentos também foram permitidos, se o entrevistado quisesse acrescentá-los, dando-lhe total liberdade para se expressar.

Ficou também a critério de cada um a maneira como as composições seriam criadas e registradas. Foi disponibilizado um computador com microfone e fones de ouvido, além de um software que permite gravações multipista (AUDACITY) (2). Os entrevistados decidiram se preferiam fazer suas considerações no intervalo de cada faixa ou apenas ao final da gravação, ou ainda se preferiam gravar toda composição numa única faixa (3).

Apesar de deixar todo o poder de decisão com o músico, foi feita uma única imposição: as improvisações criadas não deveriam se encaixar em qualquer ritmo ou gênero musical existente. Esta imposição partiu da premissa de que, muitas vezes, quando um músico se propõe a tocar um determinado ritmo, sua improvisação já começa enviesada de acordo com os padrões comumente associados àquele ritmo. Neste caso, correríamos o risco do entrevistado se prender demasiadamente a conceitos e dogmas e acionar o “modo automático”, ao invés de efetivamente pensar em como encaixar os instrumentos numa batucada de forma a gerar uma composição harmoniosa e bem encaixada.

A partir de comentários sobre características e detalhes observados durante os improviso, os participantes foram levados a explicar, de maneira informal, as características das levadas rítmicas e as razões pelas quais determinadas escolhas foram feitas, em detrimento de outras (4). As entrevistas tiveram suas produções musicais resultantes devidamente registradas (ainda que o interesse do trabalho seja focado no processo de criação e não no resultado final), para fins de análise posterior e even-

tual necessidade de novas avaliações. Além disso, os diálogos também foram gravados em sua completude, permitindo que fossem feitas transcrições mais precisas dos trechos relevantes, como pode ser visto nos anexos desse documento (ver 9.2).

De posse desses materiais, foram separadas as colocações mais interessantes para o trabalho em cada uma das entrevistas (5). Em seguida foi feita uma nova filtragem dentre este grupo de colocações, para obter somente aquelas hipóteses que apareceram com maior recorrência, ou cuja aplicabilidade no contexto do trabalho pareceu mais factível (6). Ou seja, hipóteses com conceitos subjetivos e de difícil representação computacional, por exemplo, foram deixadas para trabalhos futuros, pois não estávamos buscando uma teoria geral, e sim hipóteses que nos permitissem verificar a capacidade computacional de representá-las. Diante desse já restrito conjunto de hipóteses, a real relevância de cada uma foi analisada, para verificar se já se encontravam em seu estado final ou ainda precisavam de algum “polimento”.

4.3 Construção da Base de Dados Musicais

Uma das maiores barreiras encontradas sem dúvida foi a obtenção de uma base de dados musicais que nos permitisse testar as mais diversas hipóteses com um alto grau de confiabilidade e embasamento científico. A princípio, as amostras musicais poderiam vir de duas maneiras: bases de dados simbólicos, como arquivos MIDI, que contêm basicamente os tempos dos ataques e suas durações para cada instrumento, e bases de dados de sinais acústicos (arquivos de áudio), que precisariam ser transcritos.

Ainda que esta última opção compreenda uma gama muito maior de amostras, além da facilidade de acesso às mesmas, a construção de um sistema de processamento de áudio para analisá-las e transcrevê-las para formato simbólico seria bastante custosa (GILLET e RICHARD, 2004). Além disso, determinadas batidas poderiam não ser captadas devido a excesso de ruídos na gravação, ou mesmo uma batida não-originária de um instrumento percussivo ser detectada como tal, devido a problemas na análise (HERRERA, SANDVOLD e GOUYON, 2004); (ZILS, PACHET, *et al.*, 2002).

As composições percussivas disponíveis em formato MIDI, por sua vez, não possuem esse tipo de limitação, visto que seus dados são completamente discretiza-

dos e de fácil discernimento. No entanto, a quantidade de arquivos percussivos disponíveis neste formato é bastante limitada. Além disso, dentre as poucas opções existentes, exemplos onde o único instrumento percussivo é a bateria, que é mais comumente associada a estilos específicos (pop, rock, jazz, e suas derivações), são encontrados com muito mais facilidade do que batucadas. O mesmo se aplica aos estudos existentes na área, onde, dentro dos números já pouco expressivos, grande parte é voltada para a bateria, e poucos focam em instrumentos de percussão em geral (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005).

A bateria é um instrumento peculiar, pois engloba diversos instrumentos que abrangem todas as grandes faixas de frequência (alta, média e baixa), mas é normalmente tocada por uma única pessoa, com todos os instrumentos sendo utilizados de forma simultânea. Apesar de possibilitar o pensamento crítico quanto à construção do ritmo de forma similar a composições que se utilizam de instrumentos diferentes, o fato de haver um único cérebro gerenciando todos os instrumentos faz com que seja difícil que o músico consiga reproduzir papéis rítmicos de forma independente, como acontece nas batucadas com vários músicos. Também por esse motivo, a inclusão de amostras de bateria (especialmente numa quantidade muito maior que a de outros tipos de composições percussivas) nas avaliações das hipóteses poderia levar a resultados enviesados.

Já as batucadas, nosso principal objeto de estudo, apresentam um comportamento bem diferente. Elas são compostas de um ou mais músicos tocando instrumentos de percussão simultaneamente, interagindo uns com os outros através de diálogos musicais e até mesmo simples trocas de olhares. As batucadas costumam permitir uma grande liberdade criativa do músico, como numa *jam session*⁸, e as músicas geradas normalmente possuem um estilo próprio, apesar de também poderem se encaixar em gêneros específicos.

O maior motivo para que essa modalidade percussiva seja tão interessante é que essa liberdade que ela permite torna muito evidente a necessidade do casamento de frases rítmicas, visto que nem sempre há combinado ou ensaio prévio do que está

⁸ *Jam sessions* são eventos em que músicos com os mais diversos instrumentos se juntam para tocar música de forma descompromissada, muitas vezes sem roteiro pré-definido, apenas se deixando influenciar pelo que os outros músicos estão tocando.

sendo tocado. O músico tem que ser capaz de se adequar àquilo que seus companheiros estão produzindo, e ao mesmo tempo ele é um agente ativo que os influencia quanto às suas escolhas rítmicas. Para participar de forma coesa com o resto do grupo, é preciso, além de experiência e técnica, noções como feeling e outras características que visamos extrair das entrevistas realizadas. Outro ponto que agrupa valor ao estudo das batucadas é o fato de que elas são uma tradição brasileira muito forte, que talvez não seja abarcada pela teoria apresentada por Toussaint (TOUSSAINT, 2013).

No entanto, como foi dito, devido à escassez de bases de dados percussivos disponíveis, especialmente aquelas contendo batucadas, cogitamos a transcrição de composições rítmicas presentes em livros de música (estes existentes em número muito maior) para formatos digitais. No entanto, a necessidade de um software que permitisse criar manualmente partituras musicais e exportá-las para o formato MIDI ou semelhante, além dos custos de tempo envolvidos, inviabilizaram essa ideia.

Diante dos pontos listados, decidimos que obteríamos a base de dados a partir do garimpo de pequenos repositórios encontrados na Internet, desde que os mesmos permitissem a livre utilização das referidas amostras para fins acadêmicos.

4.4 Testes das Hipóteses

Uma vez que estivéssemos de posse de hipóteses bem definidas, daríamos início à “tradução” das mesmas para um linguajar computacional, para que fosse possível testá-las na base de dados construída. Para realizar esses testes, no entanto, seria necessário desenvolver uma ferramenta que fosse capaz de automatizar todo o processo de analisar a base, transcrever as amostras para a notação definida, computar os dados transcritos a partir da formulação da hipótese escolhida e gerar os devidos resultados através de algum tipo de representação gráfica.

Para desenvolver esse sistema, escolhemos a linguagem de programação Python, por ser fácil, dinâmica e robusta. A IDE escolhida, por sua vez, foi a PyCharm (JETBEANS). Já no âmbito do tratamento de arquivos MIDI, a biblioteca Mido (BJØRNDALEN) mostrou-se a mais simples e completa. Para a geração de gráficos, utilizamos a biblioteca matplotlib (HUNTER).

4.5 Considerações Finais

Nesta seção, foi apresentado o método utilizado durante o processo de pesquisa de forma detalhada, desde a etapa de escolha do tema, passando por fases de decisões técnicas sobre abordagens e definições de escopos para as entrevistas, listagem de pré-requisitos, critérios para a busca por uma base de dados musicais compatível e tecnologias utilizadas para a análise dos dados. Durante todo o processo, foram levantadas também as dificuldades encontradas e as soluções utilizadas para resolvê-las.

Apresentamos as ideias iniciais de como conduzir a pesquisa e as mudanças que foram acontecendo no decorrer do processo, devido a novos pontos de vista e limitações. O método escolhido manteve firmes raízes na ideia geral do trabalho, focando em obter informações dos especialistas da Música antes de partir para o âmbito computacional.

Capítulo 5

Formulação da Hipótese

Para obter uma resposta consistente para a questão central deste trabalho, foi adotada a estratégia de elição de hipóteses por meio de entrevistas com especialistas, a fim de capturar os pequenos detalhes e características, explícitos e implícitos, que fazem parte do processo de construção de uma batucada por um músico. Tais detalhes são fatores que o próprio músico muitas vezes não tem ciência ou que nunca parou para observar, pois construir música daquela forma lhe parece muito natural.

Os especialistas entrevistados foram selecionados a partir de indicações de membros do nosso grupo de pesquisa, com base em sua relevância para a área e sua disponibilidade. Entrevistamos 5 músicos e 3 músicos-pesquisadores, que não só se dedicam à prática do instrumento, mas também ao estudo das teorias e da história referentes aos gêneros musicais. Consideramos que esse quórum foi suficiente para que conseguíssemos levantar um número significativo de hipóteses, incluindo a verificação de hipóteses que se repetiam através das entrevistas, reforçando tais ideias. Além disso, o processo da realização das entrevistas e análises póstumas preencheu completamente o tempo inicialmente planejado para esta etapa.

5.1 Compilação Inicial

Em termos gerais, as hipóteses são formulações advindas de pequenas sugestões, implícitas e explícitas, que surgiram durante as conversas com os músicos. Após a realização dessas entrevistas, seus conteúdos foram ponderados, e compilamos um conjunto inicial de características e opiniões em comum citadas pelos participantes, que, obviamente, se somam às teorias já existentes, como a de Toussaint (TOUSSAINT, 2013), e de Sampaio (SAMPAIO, 2006) no processo de formulação das

hipóteses. Esta compilação pode ser vista abaixo, dividida em tópicos, e suas respectivas definições são descritas em seguida:

- Padrões cílicos
- Par binário (alternância)
- Papéis rítmicos
- Equilíbrio de coincidências
- Tempo e contratempo
- Mudança de andamento
- Contraste de timbres
- Momentos de silêncio
- Perguntas e respostas

Esses tópicos podem ser encontrados nas entrevistas (ver seção 9.2), em sua grande maioria destacados no texto. De forma similar, é possível ver alguns dos termos mais frequentemente mencionados através da nuvem de palavras **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, compilada a partir da transcrição dessas entrevistas. O tamanho relativo de cada palavra representa sua frequência nos diálogos (quanto maior, mais frequente), e entre parênteses, junto a cada uma, é possível ver a quantidade exata de vezes que ela foi mencionada. Vale aqui a ressalva de que algumas palavras foram mencionadas no singular e no plural, no feminino e no masculino, mas dado que esta nuvem é gerada automaticamente, tais variações não são consideradas como a mesma palavra, devendo então ter suas participações somadas para efeito de comparação.

Figura 5.1 - Nuvem de palavras mais frequentes nas entrevistas.



Fonte: Produção própria.

Dentre os tópicos listados, definimos quais possuíam conteúdo suficiente para serem transformados numa hipótese completa, e quais se encaixariam melhor como parâmetros dessas hipóteses, ou mesmo apenas características existentes nas composições. Essa definição foi feita com base na aplicabilidade do tópico como uma característica computável, ou seja, se era uma sugestão que poderia ser utilizada como métrica para se comparar objetivamente duas ou mais amostras. Alguns tópicos, como perguntas e respostas, por exemplo, se referem a características e/ou elementos presentes numa composição, mas não podem ser facilmente utilizados como métrica de comparação.

5.1.1 Papeis Rítmicos

A noção de papeis rítmicos já vem sendo discutida na literatura há algum tempo (SAMPAIO, 2006); (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005), e teve sua existência mencionada em mais da metade das entrevistas. Sua ideia é que, dentro de uma determinada composição, os instrumentos assumem papéis, como numa peça teatral.

Dentre eles, destacam-se os papéis de base, base-complementar, solo e floreio. Para ilustrar, na figura abaixo é possível identificar alguns padrões, que serão indicados a seguir.

A base seria o papel mais propenso a apresentar padrões cíclicos, estando presente durante quase toda a composição. O ganzá, o reco-reco e a caixa seriam fortes candidatos a esse papel na partitura exibida. A base-complementar funcionaria como uma segunda voz, reproduzindo padrões complementares, mas não necessariamente durante toda (ou quase toda) a duração da música. Esse papel caberia ao agogô e ao tamborim no exemplo. O solo é um momento em que, como o nome diz, o instrumento tocaria sozinho, ou com grande destaque em relação aos outros instrumentos. Na partitura abaixo, há uma área reservada para o solo do tamborim, por ser tão diferente dos outros. Por fim, o floreio seria similar ao solo, mas sua ocorrência se daria apenas em alguns breves momentos, a fim de acentuar passagens (normalmente em finais de ciclos da base ou base-complementar). Infelizmente não é possível visualizar um floreio na partitura fornecida como exemplo, mas é possível ver também

o “surdo 1” fazendo o papel de uma espécie de marcação de tempo, ou ênfase nos tempos fortes.

Figura 5.2 - Partitura com alguns padrões rítmicos.

The image shows a musical score titled "Samba Batucada" with a subtitle "Track_83 01:08:04". The score is divided into two systems of four measures each. The left margin lists nine tracks with their corresponding instruments and start times:

- Track_84 Tamborim Solo 00:58:06
- Track_85 Ganza 00:30:30
- Track_86 Tamborim 00:30:38
- Track_87 Agogô 00:30:37
- Track_88 Reco - Reco 00:30:73
- Track_89 Repinique 00:30:46
- Track_90 Cuica 00:30:18
- Track_91 Caixa 00:30:24
- Track_92 Surdo 1 00:30:67
- Track_93 Surdo 2 00:30:69

The score consists of two systems of four measures each. The first system starts with Track 84 (Tamborim Solo) at 00:58:06. The second system starts with Track 85 (Ganza) at 00:30:30. The measures are indicated by vertical bar lines, and the notes are represented by vertical stems with horizontal dashes for heads.

Extraída de <http://ricardojanotto.blog.com/> (visitado em 22/07/2015)

É importante frisar que um instrumento não está preso a um único papel, como pode-se pensar. Em diferentes composições, o mesmo instrumento pode fazer a base e os floreios, por exemplo. Até dentro da mesma composição, o instrumento pode alternar papéis livremente, desde que a composição permita. A presença de papéis rítmicos numa composição traz consigo uma dinâmica significativa, e certamente é uma das características mais relevantes na construção de uma boa levada rítmica.

5.1.2 Padrões Cílicos

Essa característica indica a observação da existência de padrões que se repetem regularmente durante uma composição rítmica. É sabido que, na música ocidental em geral, instrumentos rítmicos tendem a reproduzir padrões ao menos durante alguns momentos da música, até mesmo pela forma como a música popular costuma ser dividida (introdução, refrão, ponte, etc.). Esse comportamento é facilmente observado se entrarmos no contexto dos Papeis Rítmicos. De maneira geral, quando instrumentos fazem o papel de base, costuma haver uma regularidade cílica naquilo que está sendo tocado. Sendo assim, a existência de padrões cílicos pode ser uma característica desejada na construção de uma levada rítmica. É possível ver alguns padrões cílicos ocorrendo na figura abaixo. Alguns são cílicos dentro do próprio compasso, como a pauta dos sinos (“*Bells*”), que repetem o mesmo padrão quatro vezes por divisão, enquanto outros são cílicos entre compassos, como o “*Low Tom*”, cujo padrão é bem variado e só começa a se repetir no compasso seguinte.

Figura 5.3 - Partitura de batucada.

The figure shows a musical score for a samba drum set. It consists of five staves, each representing a different drum or bell. The staves are labeled from top to bottom: High Tom, Mid Tom, Low Tom, Tam-tam, and Bells. Each staff begins with a common time signature (C) and quickly changes to a 4/4 time signature. The High Tom staff has a steady eighth-note pattern. The Mid Tom staff has a repeating eighth-note pair followed by a sixteenth-note pair. The Low Tom staff has a more complex eighth-note pattern. The Tam-tam staff has a repeating eighth-note pair followed by a sixteenth-note pair. The Bells staff has a repeating eighth-note pair with a fermata over the second note. The score is divided into measures by vertical bar lines.

Retirada de <https://musescore.com/> (visitado em 23/07/2015)

5.1.3 Par Binário

Umas das características responsáveis por adicionar ritmo e suingue⁹ a uma composição é a alternância entre batidas. Essa alternância pode se dar nas mais diversas maneiras, seja pela intensidade, pelos timbres ou outros motivos. Esse fenômeno ajuda a quebrar a monotonia ou interromper longos ostinatos¹⁰. Essas alternâncias podem se dar dentro da linha rítmica de um mesmo instrumento, como também podem ser feitas por diversos instrumentos, que revezam suas características diferentes. Através das entrevistas, obtivemos a hipótese de que se duas frases rítmicas compõem alguma forma de par binário, é mais provável que o resultado da sua soma seja um ritmo considerado bom. No entanto, a proporção ideal de cada estado do par binário depende da música que está sendo tocada, assim como do tipo de par binário que se está avaliando.

As formas de par binário mencionadas durante as entrevistas são melhor descritas a seguir, ressaltando que elas são apenas considerações em torno de uma teoria (a existência de pares binários de qualquer tipo nas composições), e por si só, não representam uma hipótese completa.

5.1.3.1 Intensidade

Uma das alternâncias mais simples de se realizar é a de intensidades entre as batidas. Nesse fenômeno, também chamado de *Arsis e Thesis* (WIKIPÉDIA), como mencionado em uma das entrevistas, o músico ora toca fraco, ora forte ou então combina batidas simultâneas para gerar um som maior do que conseguiria produzir com batidas individuais.

É interessante notar que esse tipo de Par Binário pode ser feito por um único músico, ou mesmo por vários tocando exatamente o mesmo instrumento (como num

⁹ Suíngue, do inglês “swing”, é um modo de tocar música que resulta numa sensação de movimento ou de momento (física), frequentemente acompanhado de uma propensão a envolver a música em algum tipo de movimento rítmico. Quando uma música apresenta suíngue, geralmente é resultado de uma combinação de características relacionadas ao pulso musical, como esse pulso é dividido, fraseado e articulado (OXFORD).

¹⁰ Ostinato é um termo utilizado para se referir à repetição de um padrão musical várias vezes em sequência, enquanto outros elementos musicais geralmente apresentam variações (OXFORD).

grupo de Maracatu, onde as alfaias tocam ora em uníssono, ora alternadas). Esta ideia também foi encontrada no trabalho realizado em (MAEDA e KAJIHARA, 2010), durante o processo de geração de ritmos. Em (SHENOY e WANG, 2005), os autores dizem que ritmo pode ser percebido como uma combinação de batidas fortes e fracas.

5.1.3.2 Mudança de Andamento

Como mencionado em uma das entrevistas, o andamento de uma música tem enorme influência em seu resultado final. A variação drástica desta métrica numa composição percussiva pode fazer com que ela seja totalmente descaracterizada, ainda que mantenha os mesmos instrumentos e as mesmas batidas. Dessa forma, consideramos que o andamento pode ser utilizado como um parâmetro de variação da hipótese a ser validada.

5.1.3.3 Contraste de Timbres

Outra forma bastante comum de Par Binário, o contraste de timbre traz quebras e variações para a composição. Sua aplicação foi bastante mencionada em pelo menos metade das entrevistas, sob a alegação de que através do timbre é possível expressar sentimentos e sensações, como rufadas suaves num prato que crescem em intensidade ao longo do tempo, passando a sensação de suspense, ou a lembrança marcial à qual um rufar de uma caixa remonta. A utilização consciente dessa variação enriquece bastante a percussão, e ela pode ocorrer tanto num mesmo papel rítmico como em papéis diferentes.

5.1.3.4 Momentos de Silêncio

Tão importantes como as batidas em si são os momentos de silêncio numa música. Mais uma vez, eles trabalham a ideia de contrastes, de quebra de continuidade. O silêncio pode servir também como um momento de descanso para os ouvidos de quem escuta, assim como o grão de café é usado para “descansar” o olfato de quem experimenta muitos perfumes em sequência numa loja. Na Figura 5.3, por exemplo, é possível ver diversas pausas definindo momentos de silêncio para determinados instrumentos.

5.1.4 Tempo e Contratempo

Batidas no tempo e no contratempo da música também podem ser facilmente utilizadas como métrica para análises, por constituírem valores discretos e passíveis de operações estatísticas. Estudos para aferir a influência desta medida no suingue gerado pela música, por exemplo, poderiam ser realizados. No entanto, é preciso um maior aprofundamento na questão, para formalizar objetivamente a hipótese. No trabalho de Toussaint apresentado na seção 3 (TOUSSAINT, 2013), ele faz menção a essa característica através da utilização de suas representações gráficas para mostrar a geometria gerada por esse fenômeno. Na Figura 5.4 é possível ver uma partitura onde cada compasso se divide em 4 tempos, destacados com números acima dela. Comumente, em partituras com essa divisão, as batidas fortes costumam se localizar nos tempos 1 e 3, mas nesse caso, elas estão nos tempos 2 e 4, apresentando pausas nos outros tempos.

Figura 5.4 - Partitura contendo batidas no contratempo.



Retirada de <https://en.wikipedia.org/> (visitada em 23/07/2015) e editada.

5.1.5 Equilíbrio de Coincidências

Mencionada em (SAMPAIO, TEDESCO e RAMALHO, 2005), (SAMPAIO, 2006) e também em uma das entrevistas, essa característica chamou a atenção por considerar uma medida até então pouco observada: a quantidade de batidas coincidentes e não-coincidentes entre 2 instrumentos numa composição. Levando em conta a problemática do casamento de duas levadas rítmicas, a medida de coincidências tenta encontrar o equilíbrio ideal entre batidas coincidentes e não-coincidentes. Apesar de não ter ido a fundo na investigação empírica, por não ser o objetivo maior de seu trabalho, Sampaio sugeriu que uma possível medida ideal entre os cenários opostos seria o ponto de equilíbrio. Ou seja, quanto mais próximos fossem os valores de coincidências e não-coincidentes, melhor distribuída estaria a dinâmica da composição.

Na Figura 5.5 é possível perceber que, no segundo tempo do “*High Tom*” (1) há uma batida que coincide com outra batida do “*Mid Tom*” (ou seja, estão verticalmente alinhadas, como pode ser visto pelo círculo azul). Logo em seguida, entre o segundo e terceiro tempos, o “*Mid Tom*” apresenta outra batida (2), que não coincide com batidas do outro instrumento. Nesta partitura, no total, ocorrem coincidências em 4 momentos, enquanto em outros 12 momentos nenhuma das batidas de uma levada rítmica coincide com batidas da outra. Dessa forma, de acordo com a teoria de Sampaio, esse ritmo não teria um bom equilíbrio de coincidências.

Figura 5.5 - Excerto de partitura com batidas coincidentes.



Retirada de (visitado em 23/07/2015) e editada.

5.1.6 Perguntas e Respostas

Por fim, também foi listado por alguns entrevistados um importante conceito utilizado na composição musical: perguntas e respostas (PRESSING, 2002). Apesar da óbvia falta de palavras quando se trata de uma batucada, a variação de timbre, intensidade e andamento das batidas consegue passar a noção de “perguntas”, frases deixadas no ar, quase que pedindo por um complemento. Este complemento vem na forma das “respostas”, que podem ser dadas pelo mesmo instrumento, ou por outro(s). Não há como formular uma hipótese a partir deste conceito, visto que ele se refere a uma característica muito sutil, e sua verificação não é um processo trivial. No entanto, achamos que se trata de uma característica interessante para ser observada nas composições, talvez dentro de outro contexto (ou como variação de uma hipótese completa).

5.2 Filtragem de Hipóteses

A elicição de características permitiu que fossem selecionadas aquelas com maior potencial de se tornarem hipóteses a serem testadas na base de dados. Fizemos uma filtragem levando em conta a aplicabilidade das mesmas num contexto computacional, considerando sua complexidade, o tempo disponível e o quanto cada uma estava bem definida (se era realmente uma hipótese, ou apenas uma consideração relacionada ao assunto).

As teorias sobre a existência de perguntas e respostas, padrões cílicos, papéis rítmicos e pares binários, apesar de demonstrarem potencial, são apenas informações descritivas e não formulações completas sobre o que pode fazer duas frases rítmicas combinarem. A utilização delas não permite contabilizar objetivamente um valor que represente o grau de combinação entre duas levadas rítmicas e por isso ainda precisam de definições mais aprofundadas, devendo ser usadas apenas como parâmetros de variação das hipóteses.

Batidas no tempo e no contratempo e o equilíbrio de coincidências, por sua vez, apresentam uma possibilidade maior de serem transformadas em métricas de avaliação, portanto estão também mais aptas a serem apropriadamente formuladas como hipóteses passíveis de automação. No entanto, a primeira informação ainda precisaria de uma formulação maior para definir certos aspectos, como qual seria o valor ideal, por exemplo, enquanto o equilíbrio de coincidências já traz essa informação em seu próprio nome.

Dessa forma, neste novo subconjunto de teorias, concluímos que o Equilíbrio de Coincidências (EC) era o melhor candidato a ser o ponto de partida para esta pesquisa, principalmente por já ter sido utilizado numa implementação anterior (SAMPAIO, 2006), além de ter sido também mencionada nas entrevistas. Ademais, com a escolha de uma hipótese tão passível de parametrizações, possuímos outro objetivo associado: verificar que outras teorias e hipóteses poderiam surgir a partir do estudo desta.

5.3 Definição do Método de Cálculo

Para entrar na questão de comparação de valores entre amostras utilizando a métrica do Equilíbrio de Coincidências, foi preciso antes definir como seria feito o cálculo do valor do EC para cada amostra. Para exemplos como o da Figura 5.5, o cálculo é bastante direto: basta somar o número de batidas de cada um dos instrumentos e, desse valor, diminuir a quantidade de vezes em que duas batidas coincidem. Aplicando esse método à figura, temos que o “*High Tom*” tocou 8 vezes, o “*Mid Tom*” tocou 12 vezes, e houve 4 coincidências. Dessa forma, o valor do EC dessas duas frases rítmicas seria: $8 + 12 - 4 = 16$.

Dado que, de acordo com a sugestão da hipótese, o ideal seria que esse número fosse o mais próximo possível de zero (equilíbrio), essa amostra encontra-se consideravelmente distante dessa meta. No entanto, essa é a fórmula de cálculo para amostras que contêm apenas dois instrumentos. E naquelas amostras em que a quantidade de instrumentos é maior? Na imagem abaixo, trazemos novamente a Figura 5.3, para facilitar a leitura.

Figura 5.6 - Partitura de batucada.

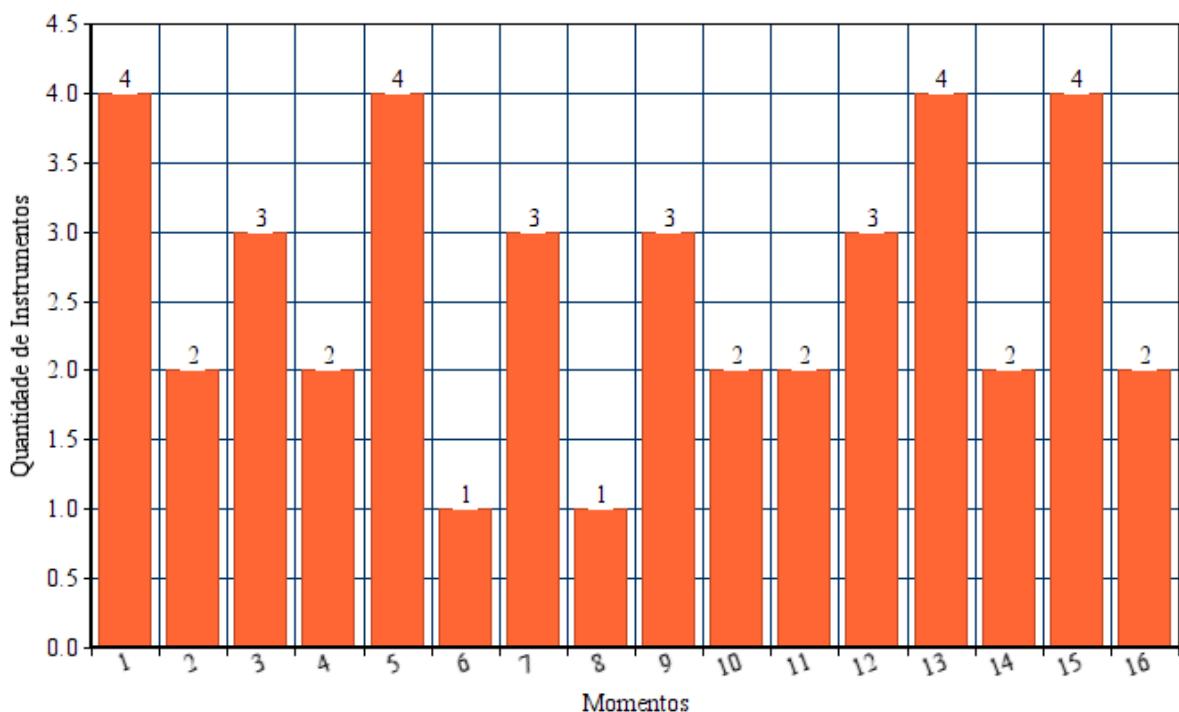
Retirada de <https://musescore.com/> (visitado em 23/07/2015)

É possível perceber que, logo no primeiro tempo, 4 dos 5 instrumentos participantes desta composição tocam simultaneamente. Como calcular o EC nesse caso? Deveríamos calcular os instrumentos em pares, para manter o mesmo método do exemplo anterior? E após essa análise combinatória, o que fazer com os resultados?

O que essas coincidências “dois a dois” representariam musicalmente? O trabalho apresentado por Sampaio (SAMPAIO, 2006), que trouxe à tona a hipótese do EC, trabalhou apenas com combinações de dois instrumentos, não trazendo consigo resposta para combinações de maiores quantidades.

Para tentar entender melhor o cenário do problema, geramos um gráfico de barras a partir da Figura 5.6, onde cada momento em que pelo menos um instrumento foi tocado corresponde a uma barra, e a altura das barras representa a quantidade de instrumentos que tocaram simultaneamente naquele momento. Representamos apenas o primeiro compasso da partitura, dado que ele se repete no compasso seguinte. Esse gráfico pode ser visto na sequência.

Figura 5.7 - Gráfico de barras com soma de batidas da Figura 5.6.

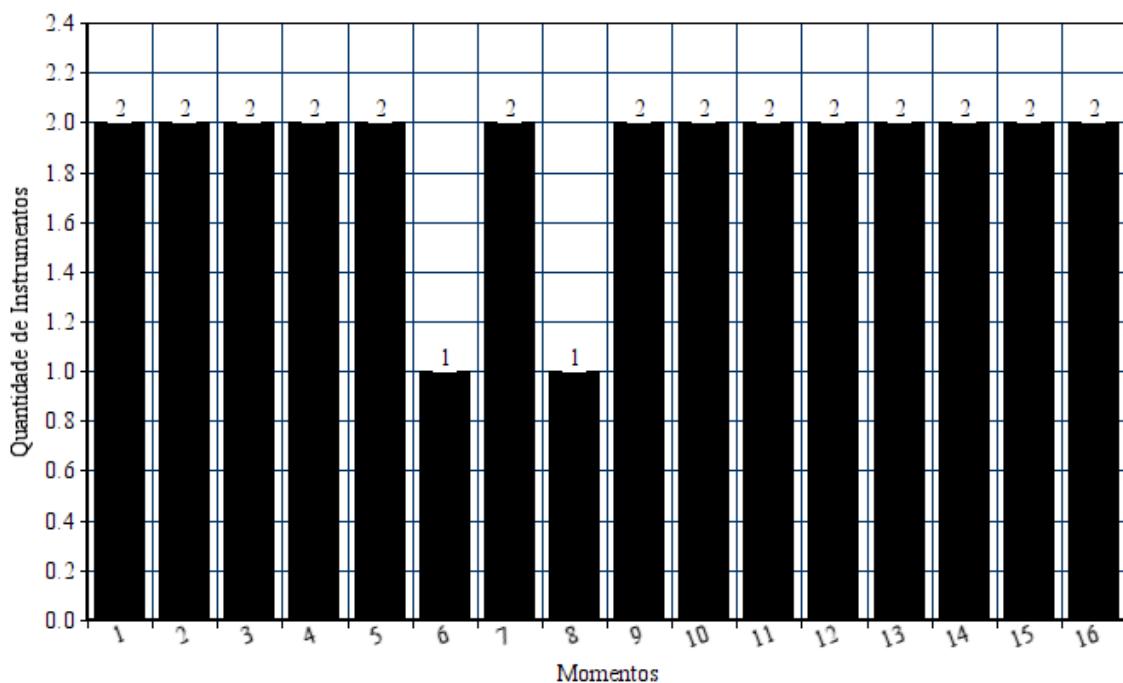


Fonte: Produção própria.

No gráfico da Figura 5.7, podemos ver que, em diversos momentos, mais de um instrumento toca simultaneamente, e muitas vezes essa quantidade de instrumentos simultâneos é maior que 2. Numa tentativa de simplificação do problema, sugerimos que o cálculo para esses cenários fosse feito da seguinte maneira: sempre que apenas um instrumento tocasse, o total de batidas daquela amostra seria incrementado em 1; sempre que qualquer número de instrumentos maior que 1 tocasse ao mesmo

tempo, independentemente da quantidade, o total de batidas seria acrescido em 2. Ao final, esse total seria dividido pela quantidade de ocorrências, resultando no valor do EC dessa amostra. Denominamos esse cálculo de “média binária”, por considerar apenas os valores 1 e 2. Se gerássemos um novo gráfico de barras para demonstrar como a média binária enxergaria as coincidências dessa amostra, ele teria a seguinte aparência:

Figura 5.8 - Gráfico de barras com cálculo binário de batidas.



Fonte: Produção própria.

Nesse caso, como estamos lidando com valores entre 1 e 2, o valor ideal do EC seria o mais próximo possível do valor médio entre esses dois extremos, ou seja, 1,5. Fazendo o cálculo da média binária das coincidências para essa amostra, teríamos: $30 \div 16 = 1,875$.

Apesar da simplificação trazida pela média binária, atentamos para o fato de que a decisão de ignorar a quantidade real de instrumentos que tocaram em cada momento, reduzindo os possíveis valores a 1 ou 2, poderia não fazer sentido musicalmente. Isso se dá porque, quando 5 instrumentos percussivos tocam juntos numa composição, o impacto no ouvinte é muito maior do que quando apenas 2 tocam simultaneamente.

Decidimos então que era necessário levar em consideração a quantidade de instrumentos para o cálculo do EC, e passamos então a computar a “média aritmética”

desses valores. Dessa forma, a quantidade de instrumentos observada a cada momento em que algo foi tocado seria acumulada e então dividida pela quantidade de ocorrências do tipo, resultando no valor do Equilíbrio de Coincidências (EC). Para o exemplo utilizado, teríamos: $42 \div 16 = 2,625$, um valor bem diferente daquele obtido com a média binária.

5.4 Considerações Finais

Nesta seção, explicamos a necessidade da eliçãoção de hipóteses para responder à pergunta deste trabalho e como foi feito o processo de filtragem das mesmas. Em seguida, listamos as hipóteses já filtradas a partir do conteúdo das entrevistas realizadas com músicos e estudiosos da área, discernindo-as daquelas teorias que representam apenas características observadas nas músicas. Descrevemos o escopo de cada hipótese apresentando exemplos concretos e definimos aquela que seria utilizada para começarmos as análises: a hipótese do Equilíbrio de Coincidências (EC). Por fim, explicamos detalhadamente o processo definição do método de cálculo da hipótese, explicando o porquê de determinadas decisões, como o abandono da média binária.

Capítulo 6

Coleta, Representação e Processamento dos Dados

Gouyon (GOUYON e DIXON, 2005) afirma que, para construir um sistema computacional capaz de processar música de forma inteligente, é essencial projetar formatos de representação e algoritmos de processamento para a parte rítmica da música. Sendo assim, após avaliar os prós e contras de cada um deles, método de representação escolhido foi a notação binária, por sua simplicidade e dupla facilidade de entendimento, tanto por computadores como por seres humanos (ao longo deste documento, essa notação será referida também como “notação TUBS” ou simplesmente “TUBS”, pela maior facilidade de identificação do termo, de forma que não haja confusão com dados em formato binário). A escolha desse método foi facilitada também pelo escopo da hipótese escolhida, dado que apenas as informações de tempo e posição dos ataques são suficientes para trabalharmos. No entanto, num contexto de aplicações, a escolha de um método de representação que se encaixe é baseada nos níveis de detalhe (e de abstração) dos vários aspectos da música que são provados por esta representação (GOUYON e DIXON, 2005). Ou seja, a notação binária se provou adequada para este contexto, mas provavelmente não seria a ideal a ser utilizada em outras situações, como naquelas em que a reprodução fiel do conteúdo da música é necessária, por exemplo. Através dela foi possível desenvolver um sistema de transcrição de arquivos de informações musicais (MIDI - *Musical Instrument Digital Interface*) para um formato passível de processamento computadorizado e extração de características (MIR) (SHENOY e WANG, 2005).

Neste capítulo, demonstraremos como se deu a construção da base de testes utilizada, como foi feita a preparação e a representação dos dados que serviram de base para a avaliação e por fim, como se deu a transição dos dados simbólicos (MIDI) para o resultado final com os gráficos gerados.

6.1 Construção da Base de Testes

De acordo com o método descrito no Capítulo 4, através de pesquisas em acervos na Internet, conseguimos compilar uma base de amostras musicais que comprehende 97 composições percussivas (batucadas) englobando estilos de diversos países. Algumas dessas amostras são variações de uma mesma levada percussiva, o que contribui para a análise de um determinado gênero musical apresentado de várias formas. Além disso, foi utilizada de forma complementar uma segunda base, com 1.126 amostras cujo instrumento percussivo principal (mas não o único) era a bateria, envolvendo diversos estilos musicais, como jazz, blues e rock (as composições foram encontradas em diversos locais e são de livre utilização para fins de pesquisa). Essa base foi então processada e transcrita para a notação TUBS, para que pudesse ser utilizada como campo de testes para validação da hipótese.

Uma visão mais detalhada das amostras divididas por quantidade de instrumentos presentes e por categoria (com e sem bateria) pode ser vista na tabela abaixo:

Tabela 6.1 - Distribuição de amostras por quantidade de instrumentos.

Quantidade de Instrumentos	Quantidade de Amostras		
	Com Bateria	Sem Bateria	Total
2	10	0	10
3	129	10	139
4	179	23	202
5	223	17	240
6	159	2	161
7	131	9	140
8	79	7	86
9	58	7	65
10	39	12	51
11	27	2	29
12	24	4	28
13	21	3	24
14	20	0	20
15	5	0	5
16	5	0	5
17	10	0	10
18	5	0	5

Fonte: Produção própria.

6.2 Preparação dos Dados

Primeiramente, os arquivos MIDI existentes na base foram processados pela ferramenta desenvolvida e tiveram três grandes informações extraídas de cada um deles: a média aritmética das batidas coincidentes e não-coincidentes (ou seja, o Equilíbrio de Coincidências daquela amostra), a quantidade de instrumentos existentes na gravação (QI) e a representação desse arquivo MIDI na notação TUBS.

Figura 6.1 - Comparação das frases rítmicas de um triângulo (aberto e abafado), retiradas do mesmo trecho de um baião, em diferentes métodos de representação.

The figure displays four representations of the same rhythmic pattern:

- Partitura:** A musical score showing two staves. The top staff is labeled "MutTrngl" and shows a continuous series of eighth notes. The bottom staff is labeled "OpnTrngl" and shows a continuous series of sixteenth notes.
- MIDI:** Two columns of XML code representing the MIDI messages for each track. Track 4 (Muted Triangle) and Track 5 (Open Triangle) both contain numerous <message note_on> and <message note_off> events with varying velocity values over time.
- TUBS:** Two rows of TUBS notation. The first row, "MuteTriangle", consists of a series of 'X' characters. The second row, "OpenTriangle", also consists of a series of 'X' characters, indicating the timing and intensity of the notes.

Fonte: Produção própria.

Originalmente, as informações de cada batida num arquivo MIDI são apenas linhas num registro de eventos, cada uma contendo, dentre outros dados, o identificador do instrumento, a intensidade daquela batida e o momento relativo em que ela

aconteceu, em *ticks*¹¹, desde o último evento registrado. Ao ouvido humano, quando duas batidas têm uma diferença entre si de apenas alguns milissegundos, o cérebro as interpreta como sendo simultâneas. No entanto, como pode ser visto na Figura 6.1, os valores de tempo da representação MIDI são praticamente contínuos (parâmetro “*time*” em cada linha), dificultando para o computador, que trabalha com valores exatos (sem fazer “arredondamentos”, como o ouvido humano), conseguir detectar que duas batidas ocorreram ao mesmo tempo. Para fazer este cálculo, transpusemos os dados contínuos dos arquivos MIDI para o formato TUBS através da ferramenta desenvolvida, utilizando um processo de quantização, onde os diversos valores iniciais foram transformados para uma escala menor, de forma a poderem ser representados de maneira discreta.

Para explicar como a quantização foi feita, é preciso antes deixar claro o conceito de BPM ou Batidas Por Minuto. Essa é uma medida bastante usada na Música, e representa quantas batidas igualmente espaçadas serão tocadas no intervalo de um minuto. Já a Resolução de uma música (no formato MIDI, essa medida também é chamada de *ticks per beat*, ou *ticks* por batida) representa quantos *ticks* serão contabilizados entre cada uma das batidas, sendo assim uma unidade de medida variável.

Tendo esses conceitos em mente, utilizamos a seguinte fórmula para realizar a quantização dos valores dos arquivos MIDI:

$$\text{Valor Quantizado} = \frac{\text{Tempo da Batida}}{\text{Ticks por Batida}} / 12$$

O *Tempo da Batida* representa o valor absoluto, em *ticks*, do momento em que aquela batida ocorreu na música. Este valor absoluto é calculado através da soma iterativa dos tempos de todos os eventos que aconteceram até aquela batida. *Ticks por Batida* é a Resolução da música, como já explicamos, e ela sofre uma divisão como parte do processo de transposição do *Tempo da Batida* para outra escala, numa espécie de regra de três. O valor 12 foi escolhido por ser o mínimo múltiplo comum (MMC) entre 3 e 4, as divisões de compassos mais comumente encontradas na música popular ocidental (binárias e ternárias).

¹¹ Ticks são uma unidade de medida que indica uma quantidade relativa, não tendo conversão direta para outras unidades de medida, por depender de outras variáveis para ter sua duração definida.

É importante ressaltar que, em todo processo de quantização, há alguma perda de informação, visto que estamos restringindo todo um conjunto de dados para apenas alguns valores, numa proporção de N:1. No nosso caso quando algum instrumento possui, no arquivo MIDI, batidas muito próximas umas às outras (como em rufadas¹² de caixa, por exemplo), o processo de quantização faz com que mais de uma batida tente se inserir no mesmo espaço representacional. Para essas situações, foi feito um tratamento em que apenas uma batida é registrada, ainda que haja perda de informação. Trabalhos futuros poderiam abordar outras maneiras de quantizar, de forma a perder menos informações, ou mesmo trocar a perda dessa informação por outra que seja considerada menos relevante.

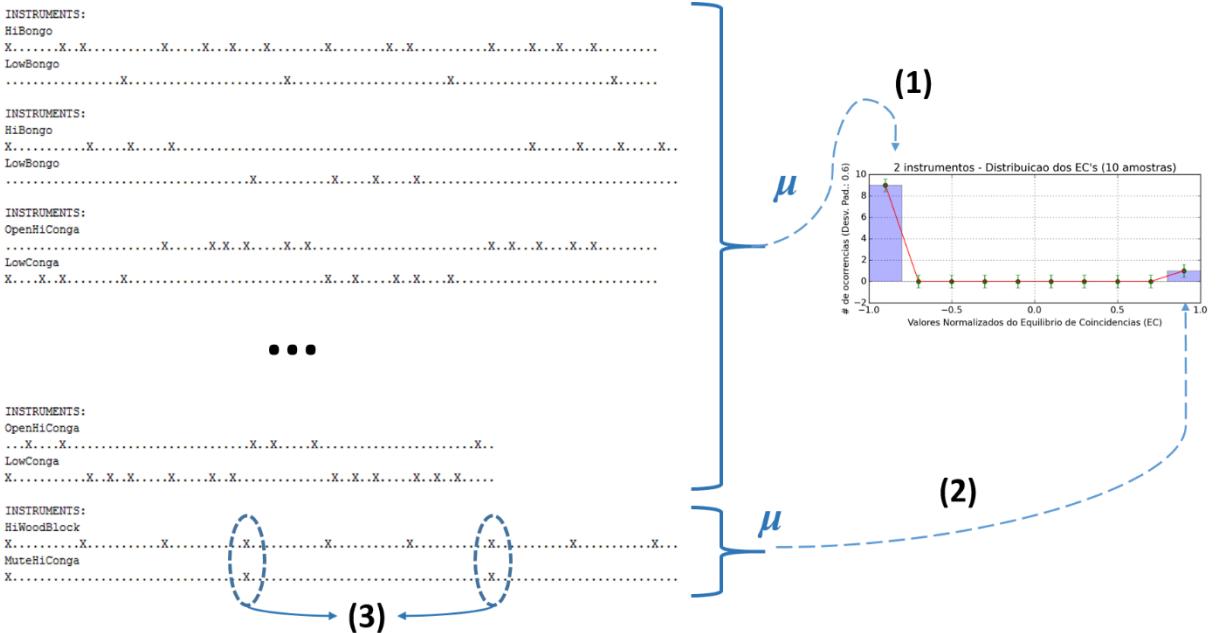
6.3 Representação dos Dados

De posse dos dados devidamente preparados, foi possível dividir a base em grandes grupos, de acordo com a quantidade de instrumentos participantes (QI) de cada música (ou seja, colocamos as amostras com QI = 2 num grupo; as amostras com QI = 3 noutro grupo e assim por diante). Com essa divisão, geramos histogramas da distribuição dos EC's de cada grupo de QI, apresentando também o desvio padrão de cada uma delas. Em outras palavras, calculamos o EC para cada amostra do subgrupo cuja QI = 2 e geramos um histograma da distribuição desses valores. Fizemos o mesmo para QI = 3, QI = 4, etc.

Para deixar claro como os dados no formato TUBS foram usados para a geração dos histogramas da distribuição dos EC's, apresentamos na Figura 6.2 um fluxograma onde é possível visualizar esse processo aplicado unicamente às amostras da nossa base cuja QI é 2 (10 amostras). No fluxograma, apresentamos no lado esquerdo a notação TUBS de algumas amostras do nosso conjunto de levadas rítmicas que possuem apenas dois instrumentos, com cada par de linhas representando uma dessas amostras.

¹² Rufos ou rufadas são sequências de batidas cadenciadas realizadas por um instrumento. Normalmente possuem intervalos extremamente pequenos entre elas, de forma a produzir um som quase contínuo. São frequentemente associadas a tambores anunciando o início de eventos.

Figura 6.2 - Transformação de dados na representação TUBS para um histograma (com QI = 2).



Fonte: Produção própria.

Relembrando o cálculo do EC para uma dada amostra, se ela possui x batidas e nenhuma coincide com uma batida de outro instrumento, todas as batidas possuem valor 1, resultando no seguinte cálculo de equilíbrio de coincidências para essa amostra:

$$EC = \frac{x * 1}{x} = 1,0$$

No fluxograma abaixo, não inserimos a representação TUBS de todas as 10 amostras por questões de visualização, mas observamos que, com exceção da última amostra, nenhuma delas apresenta coincidências entre batidas. Assim, temos que o valor do EC para as amostras A₁ a A₉ é 1,0. Já o valor do EC da amostra A₁₀ é 1,250, devido à ocorrência de algumas batidas coincidentes (é possível observar pelo menos duas coincidências no recorte exibido no fluxograma, e outras foram omitidas por questões de visualização), destacadas em sua notação TUBS pelo marcador (3).

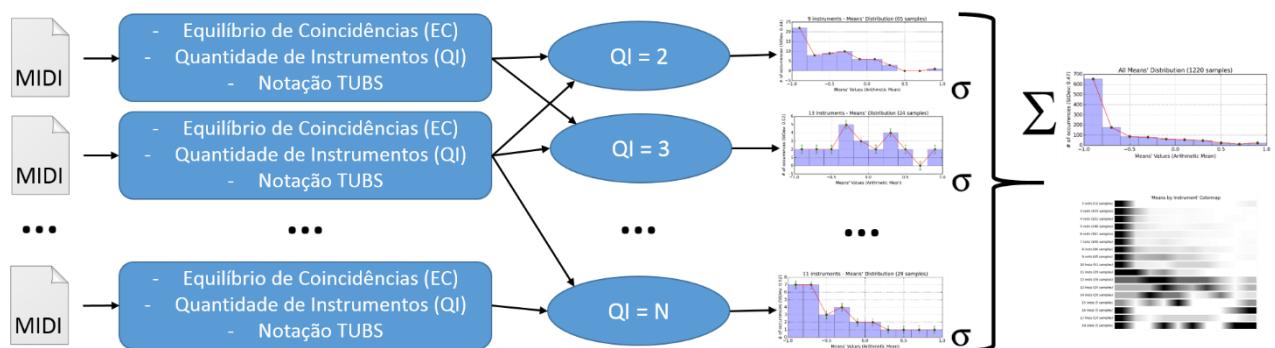
Entretanto, durante os testes percebemos que os valores do EC de cada amostra podiam variar muito, a depender da QI daquela amostra, assim como da sua duração. Essa variação dificultaria a comparação dos histogramas dos EC's de cada grupo de QI, e decidimos então normalizar os valores para um intervalo entre -1,0 e 1,0 de

acordo com a menor e maior valor de EC do conjunto. Ou seja, para cada grupo de amostras com mesma QI, o menor valor de EC encontrado dentre as amostras passaria a valer -1,0, e o maior valor passaria a ser 1,0. Os valores de todas as outras amostras seriam alterados proporcionalmente de acordo com essa nova escala.

No caso deste exemplo, as nove primeiras amostras (A_1 a A_9) apresentaram $EC = 1,0$, sendo este o menor valor encontrado no grupo com $QI = 2$. Já a última amostra (A_{10}) apresentou $EC = 1,250$, sendo, por sua vez, o maior valor de EC encontrado nesse grupo. Dessa forma, no processo de normalização, as amostras A_1 a A_9 passaram a ter valor -1,0 e ficaram agrupadas no primeiro intervalo do histograma (-1,0 a -0,8), indicado pelo marcador (1). A amostra A_{10} , por sua vez, teve valor 1,0 e ficou localizada no extremo oposto, no último intervalo (0,8 a 1,0), indicado pelo marcador (2). Caso houvesse amostras com valores originalmente maiores que 1,0 e menores que 1,250, elas seriam proporcionalmente distribuídas entre -1,0 e 1,0 após a normalização.

No entanto, como foi mencionado anteriormente, nossa base consistia de (a) gravações de batucadas com instrumentos percussivos em geral, e de (b) gravações envolvendo a bateria como único (ou principal) instrumento de percussão. Dado que o estudo das batucadas é o foco principal deste trabalho, decidimos que todos os resultados seriam gerados em duas versões: uma para (a) + (b) e outra apenas para (a). Para possibilitar a visualização dos histogramas num formato lado a lado, geramos também um mapa de gradientes de cada grupo de QI, cuja interpretação será explicada nas próximas seções.

Figura 6.3 - Fluxograma do processo computacional.



Fonte: Produção própria.

Por fim, geramos um histograma geral dos valores de EC das amostras sem discriminar por QI, para que pudéssemos avaliar também o comportamento da distribuição de todas as amostras juntas. Mais uma vez, tivemos o cuidado de gerar os gráficos nas modalidades com e sem bateria acústica. Esse processo pode ser visto em formato de fluxograma na imagem Figura 6.3.

6.4 Considerações Finais

Neste capítulo, apresentamos as informações referentes à base de dados construída, discorremos sobre como foi feita a preparação dos dados previamente à análise juntamente com a nossa opção consciente de admitir certas perdas de informação em troca de obter uma forma de representação musical que se adequasse aos nossos requisitos e explicamos alguns conceitos necessários para entender as análises realizadas no próximo capítulo. Por fim, demonstramos como se deu o processo de transição dos dados em sua forma original, nos arquivos MIDI, para a representação gráfica, detalhando a transformação dos dados a cada passo.

Capítulo 7

Teste da Hipótese

Neste capítulo, utilizamos a ferramenta desenvolvida para testar a hipótese do Equilíbrio de Coincidências como estudo de caso. Foram gerados gráficos que permitiram a avaliação dos resultados e a formulação de conclusões, tanto sobre o equilíbrio de coincidências (EC), como sobre a capacidade da Computação ao agir como ferramenta de auxílio à Musicologia.

7.1 Apresentação e Interpretação dos Dados

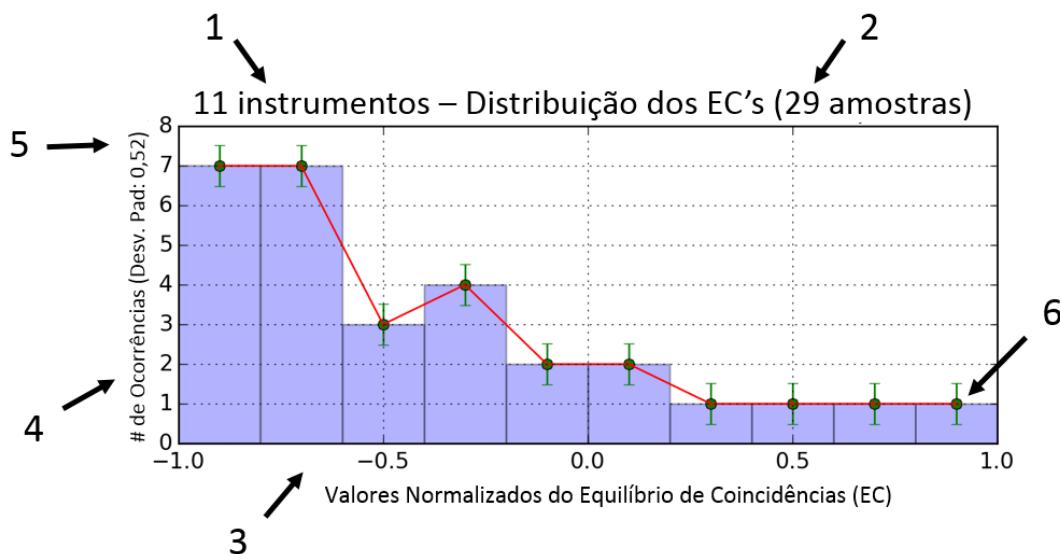
Para que haja uma compreensão clara e completa dos resultados, apresentamos nesta seção um exemplo de como os histogramas podem ser lidos, e quais informações estão contidas neles. Na figura a seguir, contendo um dos histogramas gerados, é possível identificar os seguintes elementos:

1. Quantidade de instrumentos (QI) presentes nas amostras representadas (ou seja, em todas as amostras utilizadas neste histograma do exemplo, 11 diferentes instrumentos foram utilizados, ainda que nem todos necessariamente tenham tocado simultaneamente em algum momento).
2. Quantidade de amostras utilizadas para gerar o histograma. Nos casos em que apenas batucadas foram utilizadas para gerar os histogramas, essa informação é sucedida de um marcador “[Sem Bateria]”.
3. Eixo ‘x’, representando os valores de EC das amostras que possuem a QI especificada no item 1. Cada coluna/barra representa um intervalo de possíveis valores de EC. Em todos os histogramas, esses valores foram nor-

malizados para que se mantivessem entre -1,0 e 1,0, permitindo uma comparação direta entre gráficos. O extremo -1,0 representa o menor valor de EC encontrado dentre todas as amostras com aquela QI, e 1,0, o maior.

4. Eixo 'y', representando a quantidade de amostras cujos valores de EC se encontram dentro do intervalo de cada coluna/barra. Neste gráfico, por exemplo, é possível ver que 7 das 29 amostras tiveram EC's num valor que, quando normalizado, ficou no intervalo entre -1,0 e -0,8.
5. Desvio padrão da distribuição.
6. Representação visual do desvio padrão.

Figura 7.1 - Exemplo de Histograma com QI = 11.



Fonte: Produção própria.

Para que haja uma visualização ainda mais clara do processo de distribuição dos valores de EC para cada um dos grupos de QI, exibimos abaixo uma tabela com os valores já normalizados e em ordem crescente dos EC's de cada amostra. Nessa tabela é possível perceber que a maioria dos valores (mais da metade) se encontra entre -1,0 e -0,5, assim como é demonstrado no histograma acima.

Tabela 7.1 - Valores normalizados de EC para Amostras cuja QI = 11.

Valores Normalizados de EC para Amostras cuja QI = 11					
Número da Amostra	EC	Número da Amostra	EC	Número da Amostra	EC
1	-1,0000	11	-0,7086	21	-0,2077
2	-0,9963	12	-0,6916	22	-0,1896
3	-0,9892	13	-0,6900	23	-0,1494
4	-0,9767	14	-0,6328	24	0,0407
5	-0,9739	15	-0,5738	25	0,1259
6	-0,9739	16	-0,5453	26	0,2391
7	-0,8208	17	-0,4618	27	0,4399
8	-0,7673	18	-0,3209	28	0,7196
9	-0,7209	19	-0,2785	29	1,0000
10	-0,7198	20	-0,2402		

Fonte: Produção própria.

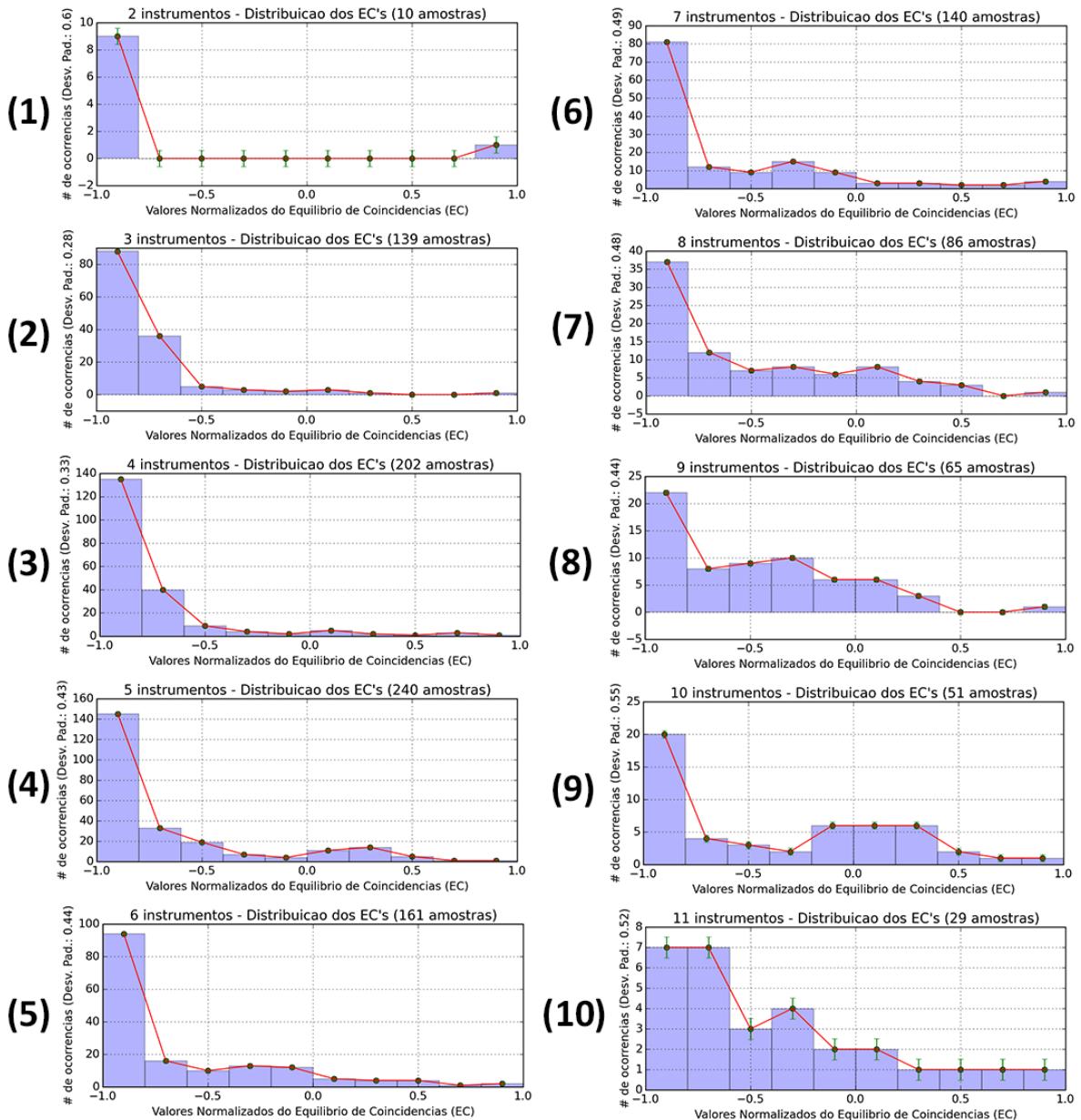
A seguir, discorreremos sobre a avaliação feita em cima dos gráficos gerados, tanto em relação à hipótese escolhida, como em relação a outras características observadas.

7.2 Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências Com Amostras de Bateria

Abaixo estão apresentados os histogramas de todas as amostras, incluindo aquelas com bateria acústica, divididas nos grandes grupos de QI e identificados por números à esquerda de cada um, entre parênteses. Como estamos estudando o casamento de frases rítmicas, consideramos apenas amostras que possuíssem pelo menos 2 instrumentos, quantidade mínima para que isso possa ser observado.

Sendo assim, o primeiro histograma gerado (1) comprehende as amostras cuja QI é 2. A baixa quantidade de amostras com essa QI faz com que esse histograma apresente um formato diferenciado. Das 10 amostras que ele descreve, 9 possuem EC dentro do intervalo aproximado de -1,0 a -0,8, e apenas uma se diferencia dessa tendência. De maneira geral, é possível perceber que os histogramas apresentam um comportamento constante até aproximadamente o histograma (9), como num gráfico exponencial negativo.

Figura 7.2 - Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências com Amostras de Bateria (parte 1 de 2).

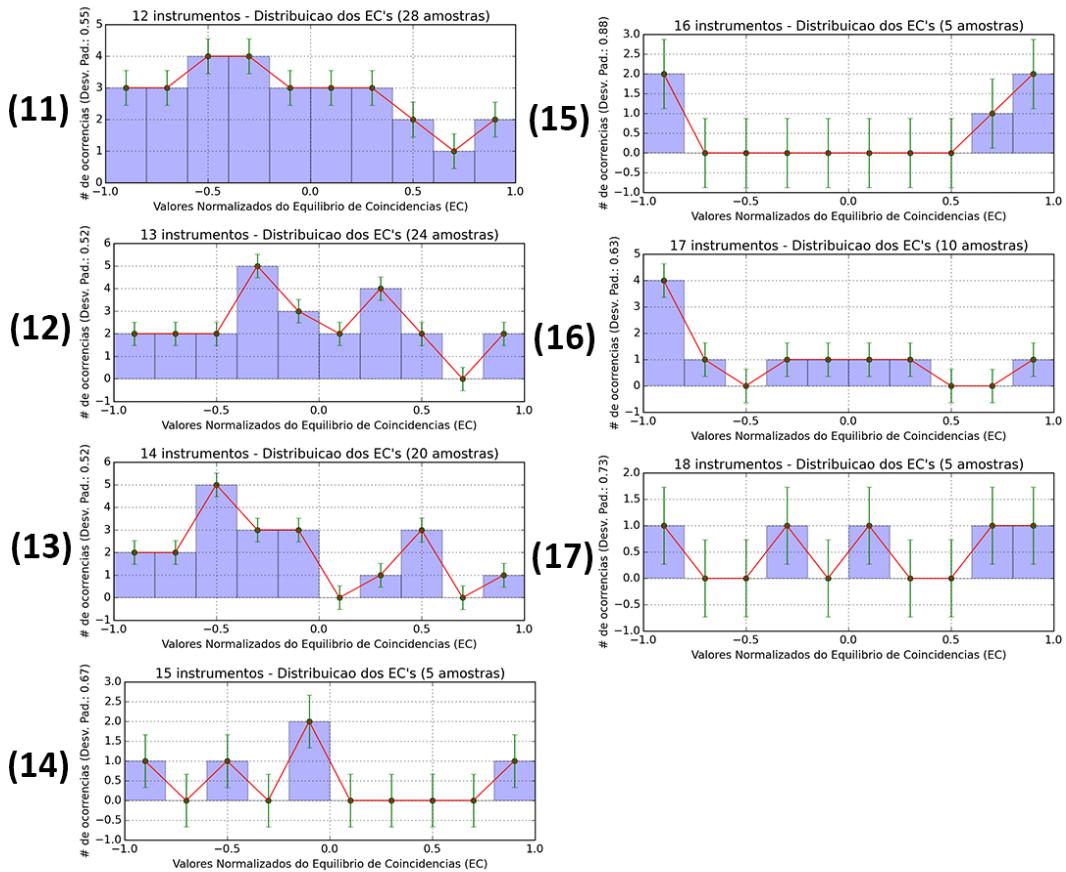


Fonte: Produção própria.

A partir do histograma (10), nota-se um deslocamento em direção aos valores positivos do eixo 'x' (maior concentração de amostras em regiões positivas do eixo 'x'). É também a partir deste histograma que o valor do desvio padrão volta a crescer. Isso se dá, majoritariamente, porque a quantidade de amostras disponíveis com

aquela QI vai diminuindo mais e mais, o que faz sentido, ao se considerar que composições populares com 11 ou mais diferentes instrumentos percussivos não são comuns no ocidente.

Figura 7.3 - Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências com Amostras de Bateria (parte 2 de 2).



Fonte: Produção própria.

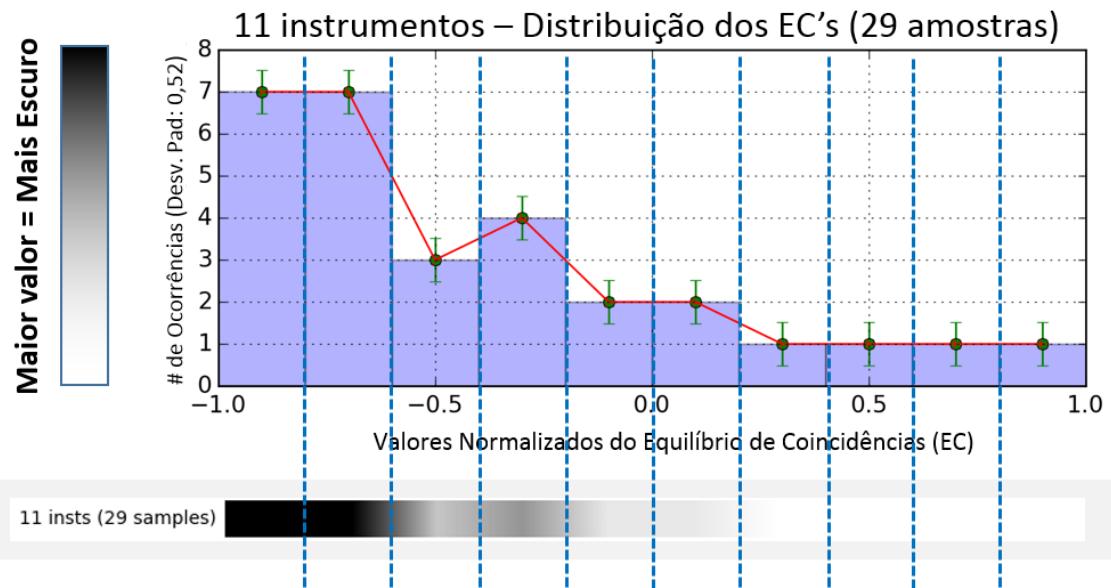
Do histograma (14) em diante, os formatos apresentados voltam a perder consistência, apresentando grandes “buracos” entre os intervalos preenchidos, devido à pouca quantidade de amostras. Ainda assim, é possível perceber que a transição dos maiores volumes de amostras dentro de cada faixa de QI continua presente, mantendo o deslocamento para os valores positivos.

Para facilitar a visualização e comparação dos histogramas, foi montado um mapa de gradientes, onde cada linha horizontal representa o histograma das amostras com aquela QI de acordo com seus EC's, com valores normalizados que também variam de -1,0 a 1,0. Um paralelo pode ser traçado com os histogramas apresentados

anteriormente, de forma a deixar mais clara a maneira de interpretar os gradientes: utilizando o mesmo histograma de exemplo da Figura 7.1, traçamos linhas que segmentam ao mesmo tempo o histograma e o gradiente, para demonstrar quais áreas são respectivamente equivalentes.

Cada gradiente do gráfico representa um dos histogramas gerados e quanto mais próximo da cor preta for o preenchimento de determinada região, maior é a concentração de amostras naquele intervalo (e vice-versa).

Figura 7.4 - Paralelo entre histograma e gradiente.



Fonte: Produção própria.

A intenção com o gráfico de gradientes é possibilitar a comparação de todos os grupos de QI simultaneamente. Dessa forma, temos o respectivo gradiente dos histogramas das amostras com bateria, na Figura 7.5.

Nesse modelo de visualização, fica ainda mais evidente o deslocamento das grandes quantidades de amostras para o lado positivo do intervalo. Nesta representação, também fica mais clara a noção de que, ainda que haja a tendência dos valores de EC se deslocarem para o lado positivo com o aumento da QI, a presença forte de amostras no canto mais negativo (esquerdo) do histograma é constante, salvo poucas exceções.

Figura 7.5 - Mapa de gradientes da distribuição dos EC's.



Fonte: Produção própria.

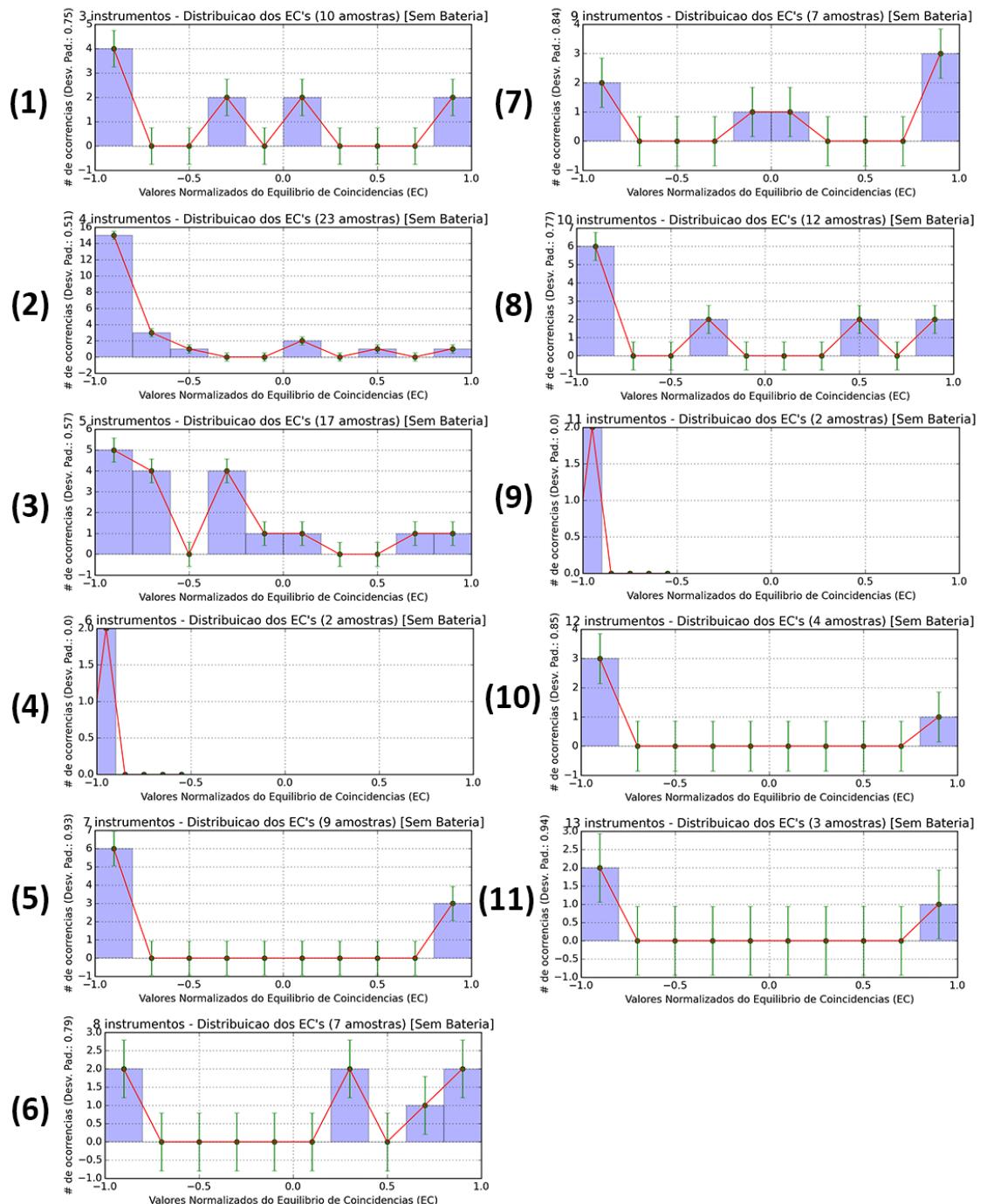
7.3 Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências Sem Amostras de Bateria

Considerando a baixa quantidade de amostras da nossa base que não contemplam a bateria acústica como principal elemento percussivo, é de se esperar que os formatos inconstantes dos histogramas voltem a aparecer na Figura 7.6, assim como em alguns exemplos da seção anterior.

Certos casos, como (6) e (9), chegam a apresentar apenas uma coluna no histograma, pois todos os seus valores de EC são iguais, portanto se encontram num mesmo intervalo (como os valores mínimo e máximo do histograma são definidos de acordo com a distribuição das amostras, se todas possuem o mesmo valor, ele é ao mesmo tempo mínimo e máximo, e nesses casos o sistema os agrupa na primeira coluna). Nos histogramas com mais amostras, no entanto, é possível perceber que

eles tentam se aproximar do formato quase exponencial encontrado em boa parte dos histogramas com bateria.

Figura 7.6 - Histogramas dos Equilíbrios de Coincidências sem Amostras de Bateria.

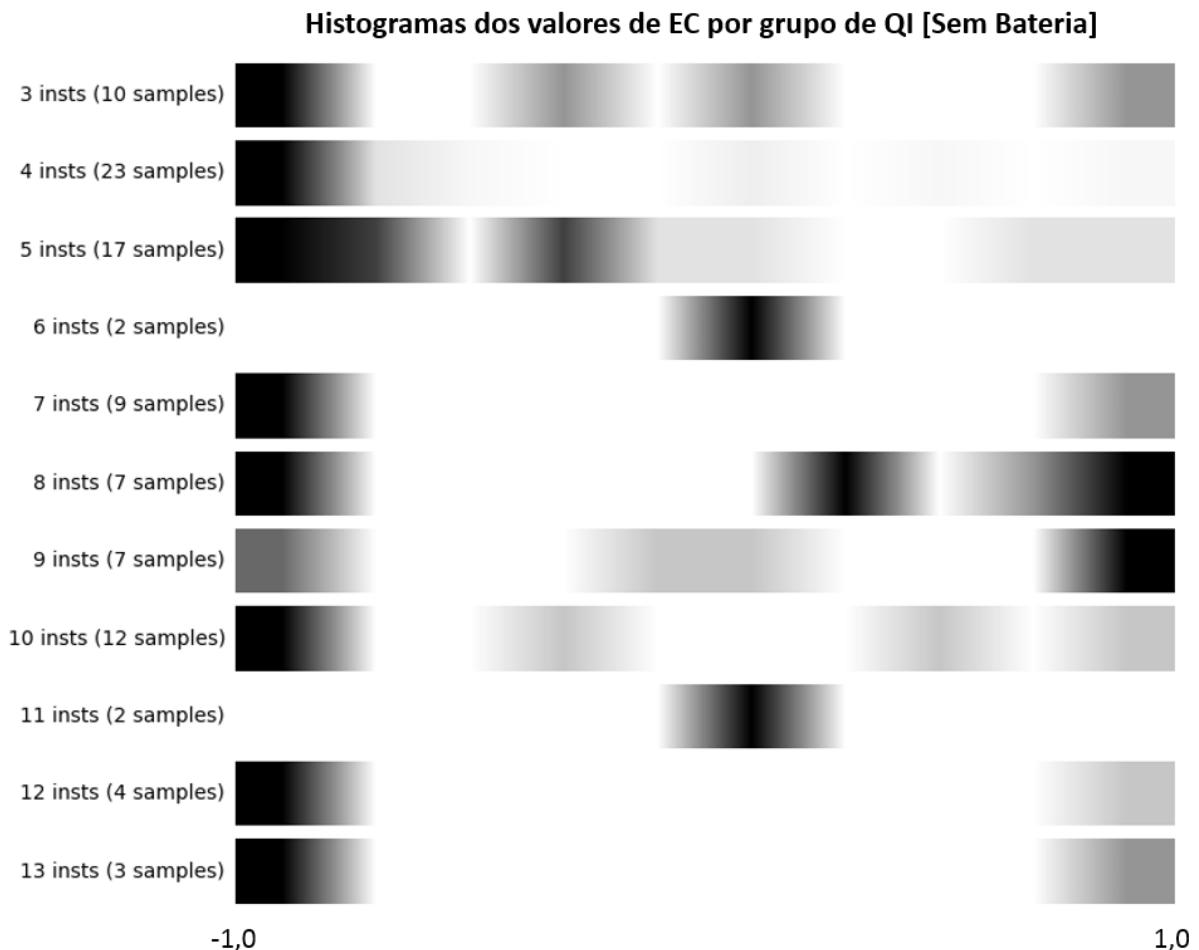


Fonte: Produção própria.

Também de forma similar à seção anterior, os valores do desvio padrão foram maiores à medida em que a quantidade de amostras diminuía. Nesta modalidade sem

bateria, a quantidade de amostras diminui tanto que diversas faixas de QI deixaram de existir, por possuírem menos de 2 amostras.

Figura 7.7 - Mapa de gradientes da distribuição dos valores de EC's sem amostras de bateria.



Fonte: Produção própria.

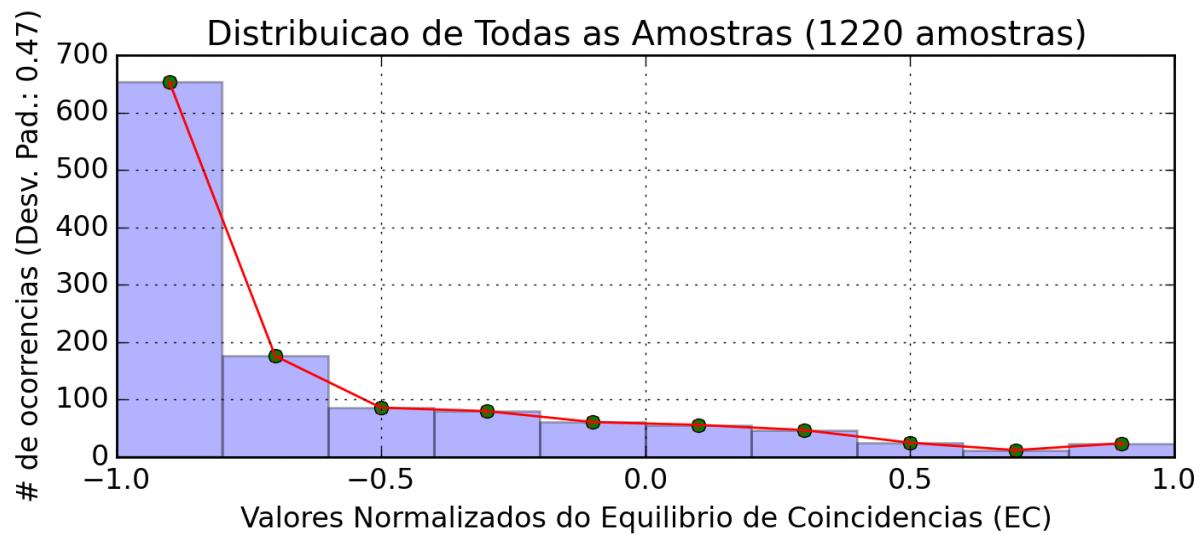
O mapa de gradientes, por sua vez, mostra que alguns aspectos, como a concentração de valores no lado mais à esquerda do histograma, se mantêm, levantando a ideia de que talvez os comportamentos das amostras com e sem bateria, desde que possuindo o mesmo contingente, são bastante similares. Um diferencial observado é que, desde “cedo” na sequência de gradientes, já é possível verificar concentrações de amostras no canto mais positivo do eixo ‘x’. Uma possível explicação para isso é mencionada na próxima seção.

7.4 Histogramas de Todas as Amostras

Para a última seção de gráficos, decidimos gerar histogramas de todas as amostras existentes na base, sem discriminar por quantidade de instrumentos. Nosso intuito foi de verificar o comportamento das amostras da base como um todo, ainda que tenhamos gerado também um histograma separado compreendendo apenas as amostras sem bateria (mas igualmente indiscriminado em termos de QI).

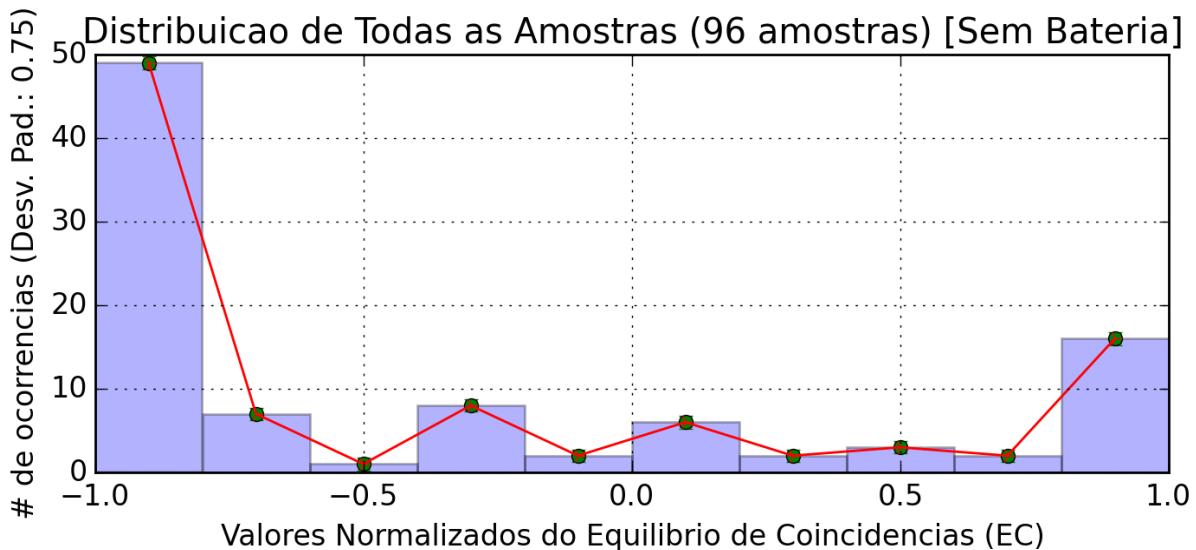
No primeiro histograma (Figura 7.8), que engloba todas as 1.220 amostras existentes na base, é possível perceber que a disposição do gráfico se assemelha bastante com boa parte dos histogramas individuais gerados na seção 7.2 (até o gráfico (9)). Isso se deu, provavelmente, por causa da discrepância da quantidade de amostras no intervalo do histograma (1) até o (9) dessa seção. Fosse a quantidade de amostras mais balanceada entre faixas de QI, provavelmente obteríamos um histograma geral igualmente mais equilibrado, indicando que talvez exista uma proporção entre quantidade de instrumentos e quantidade de coincidências, à medida em que a primeira varia.

Figura 7.8 - Valores normalizados do Equilíbrio de Coincidências de todas as amostras.



Fonte: Produção própria.

Figura 7.9 - Valores normalizados do Equilíbrio de Coincidências de todas as amostras sem bateria.



Fonte: Produção própria.

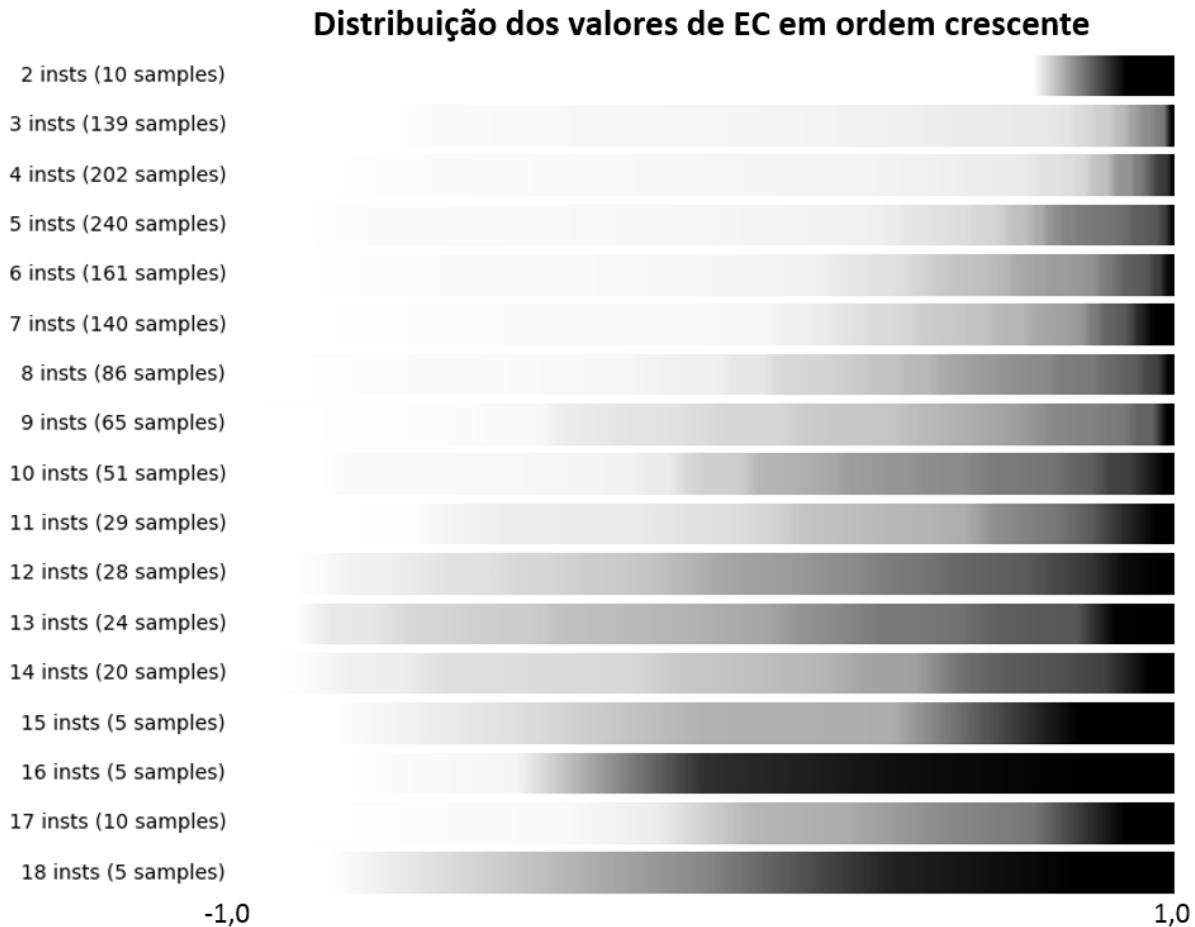
Já na distribuição dos valores de Equilíbrio de Coincidências de todas as amostras que não incluem bateria (Figura 7.9), a seleção disponível é extremamente menor, não chegando nem a 10% do contingente que inclui a bateria. Ainda assim, seu formato descendente se assemelha levemente ao histograma do cenário anterior.

Assim como observado na seção 7.3, é perceptível uma concentração de amostras no último intervalo positivo, apontando para uma possível característica que distingue batucadas de composições percussivas tradicionais. Acreditamos que isso pode demonstrar que, em certo nível, batucadas tendem a se utilizar mais de coincidências entre batidas de instrumentos diferentes do que outras composições percussivas mais tradicionais. Da mesma forma, uma nova análise com uma base cujos grupos de QI estejam melhor distribuídos pode resultar em outras observações interessantes, além de uma possível confirmação desta teoria.

Por fim, apenas a título de curiosidade científica, geramos mapas de gradientes que representassem a distribuição dos valores de EC das amostras de forma contínua, ao invés da quantidade dessas amostras agrupadas por intervalo. Nestes mapas, os gradientes também variam do branco ao preto, com o primeiro representando os valores normalizados mais próximos de -1,0, e o segundo, os valores próximos de 1,0. Ou seja, o tipo de informação que esse segundo tipo de mapa de gradientes traz é

que, por exemplo, quanto maior for a porcentagem da parte escura de uma determinada faixa, maior é a concentração de valores de EC altos naquele grupo de QI, e vice-versa.

Figura 7.10 - Distribuição dos valores de EC.

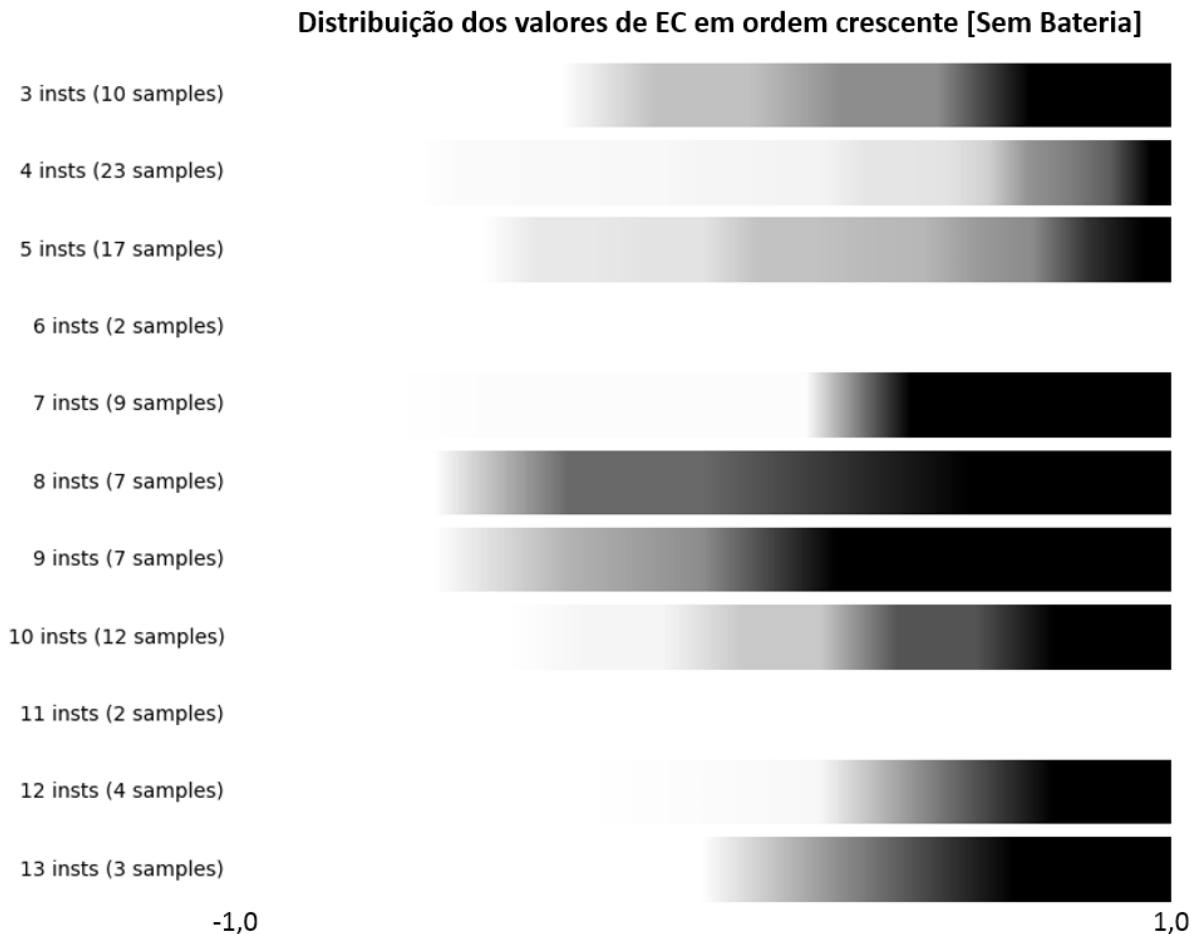


Fonte: Produção própria.

Dessa forma, obtivemos uma transição contínua de valores, podendo então observar que, nos gradientes que incluem a bateria em seus instrumentos, há uma maior predominância de valores baixos e médios, com apenas alguns poucos casos fugindo desse padrão, como pode ser visto na figura acima.

Já nas amostras sem bateria da Figura 7.11, é possível perceber, de outra maneira, a mesma característica apontada anteriormente: proporcionalmente, há uma maior concentração de amostras cujos valores de EC são mais altos, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 7.11 - Distribuição dos valores de EC sem amostras de bateria.



Fonte: Produção própria.

Apesar de não trazer necessariamente novas conclusões sobre os dados, a inserção desses mapas de gradientes visa também demonstrar como os dados processados podem ser utilizados como base para inúmeras análises e formas de representação diferentes, que levem a conclusões antes impensadas.

7.5 Considerações Finais

De acordo com os gráficos gerados, pudemos observar que, quanto maior é quantidade de instrumentos participando de uma composição, maior é o valor geral de EC. Isso aponta que talvez haja uma tendência muito maior de músicos tocando juntos se complementarem e se sobreponrem durante a execução das músicas do que simplesmente tocarem isoladamente “na sua vez”.

Além disso, foi observado de diferentes maneiras que, nas amostras de percussão sem bateria, há uma tendência a ocorrer uma concentração de amostras com valores altos de EC em relação às outras. Isso pode significar que, nas amostras que possuem perfil de batucada, as coincidências de batidas costumam ser mais comuns, talvez inclusive uma característica-chave no processo de construção das mesmas. Para ambos os casos, a obtenção de uma base com amostras mais bem distribuídas entre as quantidades de instrumentos certamente ajudaria a esclarecer todas essas teorias.

Por fim, demonstramos neste capítulo um estudo de caso onde testamos uma hipótese musicológica sobre o casamento de frases rítmicas. Ao mesmo tempo, demonstramos as possibilidades que uma ferramenta como a que desenvolvemos pode fornecer a um musicólogo. Nos utilizamos de uma única hipótese e de um recorte simples da base de amostras (divisão por quantidade de instrumentos), e de acordo com as conclusões apresentadas neste capítulo, conseguimos avançar alguns níveis de conhecimento sobre a formulação do Equilíbrio de Coincidências, possibilitando assim o refinamento da hipótese através do uso da ferramenta desenvolvida.

Capítulo 8

Conclusão

Dado que a Música é completamente dependente do fator humano, da aleatoriedade do pensamento, é seguro dizer que, para obter resultados musicalmente satisfatórios, é necessário seguir esta mesma sequência no processo de transcrição do abstrato para o concreto. Propusemos então este caminho, inverso àquele observado na maioria dos trabalhos, onde primeiro partimos da obtenção de conceitos e teorias advindos de músicos e profissionais da área, para só então chegar na fórmula ou métrica necessária para desenvolver um algoritmo.

Entretanto, para chegar ao ponto de desenvolver tais algoritmos, antes é preciso saber se é possível formular objetivamente essas hipóteses, ou se elas são subjetivas e/ou ambíguas demais. Neste trabalho, propusemos não apenas levantar hipóteses junto aos especialistas, mas procurar as melhores traduções destas hipóteses para o universo computacional, o que chamamos de formulações. Propusemos ainda uma ferramenta computacional por meio da qual é possível definir uma hipótese e obter a análise dos dados com base nela. Através da observação do comportamento de bases de amostras percussivas, de acordo com essas formulações, buscamos avaliar o potencial dos computadores como ferramentas de auxílio a um trabalho musicológico em um novo patamar. Para poder testar o ferramental desenvolvido e avaliar as formulações de acordo não só com a matemática envolvida, mas também com a lógica de suas aplicações práticas, tivemos que agir como musicólogos em alguns momentos, discernindo que determinadas decisões poderiam não fazer sentido do ponto de vista musical, ainda que funcionassem no campo computacional.

Dentre as formulações geradas, a que mais se destacou foi a que busca testar e validar se, numa composição, existe alguma correlação entre (i) quão bem duas frases rítmicas casam e (ii) o número de batidas em que dois ou mais instrumentos

coincidem e o número de batidas em que apenas um instrumento é tocado (que batizamos de Equilíbrio de Coincidências). Utilizamos então a seguinte métrica de análise da base de dados musicais: para cada levada rítmica na base, sua contagem de batidas coincidentes e não-coincidentes gerou uma média aritmética que representava essa amostra numa distribuição estatística, a partir da qual pudemos observar diversas características do comportamento das amostras.

Como foi dito, dada a complexidade da pergunta de pesquisa, este trabalho dificilmente resolveria a problemática que o intitula definitivamente. Diante do tempo disponível para um trabalho de mestrado, não seria razoável compilar todas as hipóteses existentes sobre o processo de construção musical, nem mesmo de validar quais hipóteses estão certas e quais estão erradas, até porque talvez sequer fosse possível classificá-las dessa forma. Nosso objetivo foi avançar na busca da resposta à questão de pesquisa, assim dar também mais um passo em direção à discussão sobre as possibilidades e as dificuldades da transcrição do processo criativo utilizado por músicos para o universo computacional.

A partir dos resultados, verificamos que, seguindo a ordem de passos que utilizamos, é possível chegar ainda mais perto de obter resultados que sejam musicalmente interessantes, através da transposição de hipóteses. Nos preocupamos em obter dados de fontes relevantes e ligadas à área ao invés de simplesmente escolher hipóteses da literatura e trabalhar em cima delas, para evitar que a avaliação sobre a possibilidade de automatizá-las acabasse sendo tendenciosa por se basear apenas em determinadas teorias.

Como uma das principais contribuições deste trabalho, criamos um sistema que possibilita testes de hipóteses musicais numa base de amostras percussivas, servindo como ferramenta de avaliação. Este ferramental foi capaz de, dada uma hipótese (do equilíbrio de coincidências), automatizá-la e validá-la com composições percussivas reais, permitindo que um conceito subjetivo e pouco definido fosse avaliado de forma objetiva e gerasse resultados concretos.

Além disso, durante as entrevistas percebemos que, em geral, os músicos não conhecem o potencial que a computação pode agregar, se prendendo à noção errônea de que o intuito de trabalhos como este é mimetizar completamente o comportamento do músico através do computador. Acreditamos que o produto deste trabalho permite que outras áreas da ciência que normalmente não têm acesso fácil ao poder da tecnologia, como a Musicologia, possam se utilizar desse potencial para chegar

ainda mais longe nos seus estudos sobre perguntas ainda não resolvidas, e ao mesmo tempo possam entender melhor como essa parceria é benéfica para ambas as áreas. Demonstramos também como a computação pode ser utilizada para representar e analisar informação musical num patamar mais empírico, fugindo das análises puramente teóricas.

Por fim, ressaltamos que o ferramental aqui desenvolvido traz embutida em si uma contribuição contínua, pois sua existência permite que outras hipóteses sejam testadas no futuro com muito mais facilidade, visto que toda a base referente à representação e análise dos dados musicais já está construída. E ainda, é possível entender o sistema desenvolvido para que ele seja capaz de avaliar aspectos mais diversos, ou mesmo adaptá-lo de forma que um músico ou estudioso seja capaz de utilizá-lo para avaliar suas próprias hipóteses sem precisar de qualquer tipo de interação de baixo nível¹³.

No momento, o sistema funciona apenas através de linha de comando, o que dificulta seu uso por pessoas que não sejam da área de computação. Para o futuro próximo, duas grandes modificações estão previstas: no lado computacional, reorganizaremos o código de acordo com os padrões de projeto que melhor se encaixam no propósito da ferramenta, visando facilitar expansões do sistema. Já no campo da usabilidade, virá a utilização de uma interface gráfica através da qual seja possível eliminar os obstáculos técnicos e possibilitar uma interação clara e simples por parte dos usuários, que poderão escolher parâmetros e definir novas bases de dados com apenas alguns cliques. Mais adiante, cogitamos a possibilidade de incorporar uma DSL¹⁴ ao sistema, permitindo muito mais flexibilidade de interação do usuário, especialmente no tocante à inserção de novas hipóteses para teste. No entanto, a construção de uma DSL e sua incorporação num sistema computacional não são tarefas triviais, ainda

¹³ Na Computação, “baixo nível” se refere à parte mais técnica e específica de um sistema. Num computador, interações de baixo nível seriam aquelas em que é necessário mexer no código de um programa, ou mesmo no hardware do dispositivo, por exemplo. Por outro lado, sistemas de alto nível são aqueles em que tudo isso é abstraído, e o usuário não precisa se preocupar com o funcionamento interno do sistema para interagir com ele.

¹⁴ DSL (do inglês, *Domain-Specific Language*, ou Linguagem de Domínio Específico) é um tipo de linguagem de programação ou de especificação dedicada a um domínio de problema particular. No caso do sistema desenvolvido neste trabalho, uma DSL permitiria que o usuário descrevesse hipóteses utilizando símbolos específicos, como palavras reservadas.

mais quando lidamos com uma área tão subjetiva quanto a Música, e somente esse processo já seria um possível projeto de pesquisa completo.

Concluímos que a análise de sugestões musicológicas, quando feita a partir de um ponto de vista computacional, é capaz de revelar características objetivas que um músico dificilmente teria consciência de descrever. A hipótese do Equilíbrio de Coincidências demonstrou computacionalmente que determinados elementos fazem parte do subconsciente musical durante o processo de composição, como a ocorrência de instrumentos tocando simultaneamente e em maior número à medida em que a quantidade de instrumentos participantes cresce. Ao mesmo tempo, a quantidade de coincidências de poucos instrumentos manteve-se em número elevado, o que também corrobora com a hipótese de contrastes e par binário, pois ainda que a frequência de coincidências de mais instrumentos tenha crescido, a alternância entre momentos mais intensos e mais tranquilos se faz necessária, e pode ser comprovada neste experimento.

De forma análoga ao que foi dito por (GOUYON e DIXON, 2005), um dos grandes problemas de pesquisas nessa área é que não existe uma base de dados musicais comum, para que os trabalhos propostos possam comparar métricas utilizando as mesmas amostras, de forma mais consistente. Além disso, muitos dos sistemas propostos são de código fechado ou possuem informações insuficientes para que sejam reimplementados. Assim, se torna complexo confeccionar propostas que possam ter sua eficácia empiricamente comprovada e validada em relação a outras.

Da mesma maneira, sistemas-meio necessários para realizar determinadas pesquisas têm que ser reimplementados (como foi o caso do sistema de análise de arquivos MIDI embutido no ferramental desenvolvido neste trabalho, que serviu apenas como uma ferramenta para extração dos dados a serem analisados), ainda que outros com igual funcionalidade já existam, pela falta de acesso aos mesmos. Esse tipo de obstáculo consome tempo e recursos da pesquisa, que, não fosse isso, poderia se aprofundar mais no levantamento e validação de outras hipóteses, enriquecendo o trabalho.

Em trabalhos futuros, aspectos como tempo e contratempo, posicionamento das batidas no compasso (anacrusa), papéis rítmicos e muitos instrumentos simultâneos, dentre outros, podem ser avaliados quanto às suas influências no resultado final de uma composição, expandindo o conhecimento apresentado neste estudo. Além disso, aplicações desta mesma hipótese (das coincidências) em bases segmentadas

por estilos ou com variações de outros parâmetros certamente trarão resultados bastante interessantes. Pretendemos gerar por conta própria amostras musicais percussivas em determinados estilos, para que possamos realizar testes específicos para cada um desses segmentos.

Também foi uma decisão nossa de seguir o caminho de compilar a base de amostras musicais e em seguida gerar histogramas, para então analisá-los em busca de resultados. Poderíamos, por exemplo, ter gerado contraexemplos aleatoriamente, assumindo os riscos de que não necessariamente uma música gerada dessa forma consiste num exemplo de composição ruim, para utilizar técnicas de aprendizagem de máquina. Poderíamos também ter dividido a base por estilos musicais, tentando entender melhor como as hipóteses variam entre cada um deles. Da mesma forma, uma divisão por instrumentos (ou grupos de instrumentos) poderia ter sido feita para avaliar melhor questões como timbre e papéis rítmicos. Todos esses caminhos poderiam levar a diferentes resultados que, mais uma vez, não necessariamente estariam certos ou errados, são apenas diferentes formas de abordar uma questão.

Acreditamos, portanto, que essa ainda é uma longa discussão, oferecendo um enorme campo de pesquisas em aberto. O que podemos concluir é que a Musicologia tem uma grande aliada na Computação, dado que, de acordo com os resultados do nosso trabalho, é possível utilizar o potencial das máquinas para automatizar hipóteses musicológicas e formular novas teorias a partir da observação das informações contidas nos dados apresentados.

Referências Bibliográficas

ALFONSECA, M.; CEBRIÁN, M.; ORTEGA, A. A Simple Genetic Algorithm for Music Generation by means of Algorithmic Information Theory. **IEEE Congress on Evolutionary Computation**, 2007.

AUDACITY. **Audacity**. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/audacity>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

BILES, J. GenJam: A Genetic Algorithm for Generating Jazz Solos. **Proceedings of the International Computer Music Conference**, 1994.

BJØRNDALEN, O. M. Mido. Disponível em: <<https://mido.readthedocs.org/en/latest/>>. Acesso em: 15 maio 2015.

CICCONET, M.; , B. M.; WEINBERG, G. Human–Robot Percussion Ensemble: Anticipation on the Basis of Visual Cues. **IEEE Robotics and Automation Magazine**, 2013.

COLLIER, D.; SEAWRIGHT, J.; MUNCK, G. Sources of Leverage in Causal Inference: Toward an Alternative View of Methodology. **Rethinking Social Inquiry: Diverse Tools, Shared Standards**, 2004.

COOPER, G.; MEYER, L. The Rhythmic Structure of Music. **University of Chicago**, 1960.

DRAKE, C.; JONES, M. R.; BARUCH, C. The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending. **Revista Cognition**, 77, 2000.

- GIFFORD, T. Appropriate and Complementary Rhythmic Improvisation in an Interactive Music System. **Music and Human-Computer Interaction**, 2013.
- GILLET, O.; RICHARD, G. Automatic Transcription of Drum Loops. **IEEE International Proceedings on Acoustics, Speech and Signal Processing**, 2004.
- GOMEZ, F. et al. Mathematical Measures of Syncopation. **Proceedings of BRIDGES: Mathematical Connections in Art, Music and Science**, 2005.
- GOUYON, F.; DIXON, S. A review of automatic rhythm description systems. **Computer Music Journal**, 2005.
- GUSTAFSON, K. The Graphical Representation of Rhythm. **Progress Reports from Oxford Phonetics (PROPH)**, 3, 1988.
- HANKINSON, A.; ROLAND, P.; FUJINAGA, I. The Music Encoding Initiative as a Document-Encoding Framework. **ISMIR**, 2011.
- HERRERA, P.; SANDVOLD, V.; GOUYON, F. Semantic interaction with music audio content using percussion-related descriptors. **Audio Engineering Society International Conference**, 2004.
- HONING, H. From time to time: The representation of timing and tempo. **Computer Music Journal**, 25, 2001.
- HONING, H. Structure and Interpretation of Rhythm and Timing. **Jornal de Teoria Musical (Tijdschrift voor Muziektheorie)**, 2002.
- HUNTER, J. matplotlib. **matplotlib**. Disponivel em: <<http://matplotlib.org/>>. Acesso em: 03 abr. 2015.
- JETBEANS. **PyCharm**. Disponivel em: <<http://www.jetbrains.com/pycharm/>>. Acesso em: 15 maio 2015.
- KING, G.; KEOHANE, R.; VERBA, S. **Designing Social Inquiry: Scientific Inference in Qualitative Research**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

LERDAHL, F.; JACKENDOFF, R. **A Generative Theory of Tonal Music.** [S.I.]: MIT Press, 1985.

MAEDA, Y.; KAJIHARA, Y. Rhythm Generation Method for Automatic Musical Composition. **IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ)**, 2010.

MALGAONKAR, S. et al. An AI Based Intelligent Music Composing Algorithm: Concord. **International Conference on Advances in Technology and Engineering**, 2013.

MENSCH, G. **Ludwig van Beethoven:** Ein musikalisches Charakterbild. Leipzig: C. Sander, 1871.

MITCHELL, T. M. **Machine Learning.** Pittsburgh: WCB McGraw-Hill, 1997.

MONAHAN, C. B.; CARTERETTE, E. C. Pitch and Duration as determinants of musical space. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, 1985.

MUSICXML. **Music XML.** Disponivel em: <<http://www.musicxml.com>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

MUSTIC. **MusTIC.** Disponivel em: <<http://www.mustic.info/>>. Acesso em: 15 maio 2015.

OXFORD, U. Oxford Music Online. Disponivel em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/>>. Acesso em: 11 set. 2015.

PACHET, F. Rhythms as Emerging Structures. **Proceedings of the International Computer Music Conference**, 2000.

PACHET, F. Enhancing individual creativity with interactive musical reflective systems. **Psychology Press**, 2006.

PAMPALK, E.; HERRERA, P.; GOTO, M. Computational Models of Similarity for Drum Samples. **IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing**, 16, 2008.

- PARNCUTT, R. A Perceptual Model of Pulse Salience and Metrical Accent in Musical Rhythms. **Music Perception**, 1994.
- PRESSING, J. Black Atlantic Rhythm: Its Computational and Transcultural Foundations. **Music Perception**, 2002.
- RAVELLI, E.; BELLO, J. P.; SANDLER, M. Automatic Rhythm Modification of Drum Loops. **IEEE Signal Processing Letters**, 14, 2007.
- SAMPAIO, P. CInBalada - Um Laboratório Rítmico. **UFPE**, 2006.
- SAMPAIO, P.; TEDESCO, P.; RAMALHO, G. CInBalada: um Laboratório Multiagente de Geração de Ritmos de Percussão. **Proceedings of the X Brazilian Symposium on Computer Music (SBCM)**, 2005.
- SANDRONI, C. Mudanças de padrão rítmico no samba carioca, 1917-1937. **Trans, Revista Transcultural de Música**, 1996. Disponível em: <<http://www.sibetrans.com/trans/article/286/mudancas-de-padroao-ritmico-no-samba-carioca-1917-1937>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
- SANDRONI, C. **Feitiço decente**: transformações do samba no Rio de Janeiro, 1917-1933. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2001.
- SETHARES, W. **Rhythm and Transforms**. [S.I.]: Springer, 2007.
- SETHARES, W. Rhythm and Transforms, Perception and Mathematics. **Communications in Computer and Information Science (CCIS)**, 2009.
- SHENOY, A.; WANG, Y. Key, Chord, and Rhythm Tracking of Popular Music Recordings. **Computer Music Journal**, 2005.
- TOUSSAINT, G. Algorithmic, Geometric and Combinatorial Problems in Computational Music Theory. **Proceedings of X Encuentros de Geometría Computacional**, 2003a.

TOUSSAINT, G. Classification and Phylogenetic Analysis of African Ternary Rhythm Timelines. **Proceedings of BRIDGES: Mathematical Connections in Art, Music and Science**, 2003b.

TOUSSAINT, G. **A Comparison of Rhythmic Similarity Measures**. School of Computer Science, McGill University, Canadá. 2004. (Technical Report SOCS-TR-2004.6).

TOUSSAINT, G. The Geometry of Rhythm. **Discrete and Computational Geometry: Lecture Notes in Computer Science**, 3742, 2005.

TOUSSAINT, G. **The Geometry of Musical Rhythm**: What Makes a "Good" Rhythm Good? [S.I.]: Chapman and Hall/CRC Press, 2013.

WEYDE, T. Grouping, Similarity and the Recognition of Rhythmic Structure. **Proceedings of the International Computer Music Conference**, 2001.

WIKIPÉDIA. Arsis and thesis. **Wikipédia**. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arsis_and_thesis>. Acesso em: 15 maio 2015.

WIKIPÉDIA. Lohengrin's opera. **Wikipédia**. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lohengrin_%28opera%29>. Acesso em: 08 jun. 2015.

WU, C.; LIU, C.; TING, C. A Novel Genetic Algorithm Considering Measures and Phrases for Generating Melody. **IEEE Congress on Evolutionary Computation**, 2014.

ZILS, A. et al. Automatic extraction of drum tracks from polyphonic music signals. **Proceedings of International Conference on Web Delivery of Music**, 2002.

Reconhecimentos

O desenvolvimento deste trabalho foi parcialmente realizado com o apoio da FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, Brasil.

Capítulo 9

Anexos

9.1 Anexo 1 – Formulário Inicial de Entrevista

Nome: _____

Profissão: _____

Data: ____ / ____ / ____

9.1.1 Perguntas Gerais

1. Existe uma regra geral para levadas e/ou frases rítmicas combinarem dentro de um mesmo gênero?
 - a. Em caso positivo, existiria uma regra geral para elementos-base em todos os ritmos e regras específicas para cada ritmo individualmente?
2. Quais elementos compõem o ritmo, em termos de análise? (tempo, divisão de compassos, posição das batidas mais fortes, intensidade de cada batida, etc.)
3. O timbre do instrumento importa, ou a mesma levada faz sentido com diferentes instrumentos?
 - a. E se forem instrumentos diferentes, mas numa mesma faixa de frequência (agudos, médios e graves)?
4. A posição em que a levada inicia no compasso faz diferença?
5. A percepção de levadas que combinam uma com a outra varia muito de pessoa para pessoa?
6. Na sua opinião, a hipótese das coincidências e não-coincidências das batidas é válida?

9.1.2 Momento de Avaliação de Exemplos Percussivos

1. A variação dos timbres descaracterizou o ritmo? Quanto, numa escala de 1 a 10?
2. A variação de andamento foi muito impactante? Qual seria uma faixa aceitável?
3. Quais outras variações poderiam ser feitas?

9.2 Anexo 2 – Entrevistas

9.2.1 Entrevista 1 (14/11/2014)

Gravação 1:

O Caboclinho usa 2 instrumentos – o Tarol e o Caracaxá.

Gravação 2:

“A faixa base é a que tem só uma pancada” (marcação de tempo com batida forte no centro do repinique alternada com batida abafada com a mão).

“A música tonal, que é essa música popular, de dança, é a música que trabalha com recorrência rítmica. Ela trabalha com o **conceito de Arsis e Thesis** [23], que é como um chão, e uma coisa suspensa. É um balanceamento, como se fosse um par binário, que vai sendo combinado. Uma batida forte e uma fraca, uma forte e uma fraca. Eu inverti, coloquei a forte no contratempo (suspensa), e a fraca no tempo (chão), que é o que o samba e o frevo fazem. Dividindo o compasso em valor binário, comumente, a batida 1 é mais forte, enquanto a 2 é mais fraca. Mas independentemente do tempo da pancada forte, há a existência da Arsis e da Thesis. **Essa camada do surdo age como um marcador de tempo, um metrônomo.**

A segunda camada (batidas no aro) atua mais nos contratempos do que a primeira (do surdo). Ela começa na cabeça do tempo, mas vai alternando com os contratempos, e **passa 2 compassos antes de voltar a coincidir com a cabeça do tempo. Isso dá um swing interessante, porque esses contratempos criam uma expectativa, uma tensão.** Ao mesmo tempo, o uso do contratempo funciona de forma que prepara os outros músicos pra esse retorno à cabeça do compasso, então **também serve, de certa forma, como marcador de tempo. Tem que haver um balanço entre batidas que encaixam na pulsação e batidas que fogem dela.**

Dá pra existir uma construção de ritmo sem um elemento fazendo o papel de metrônomo, mas é bem mais difícil. Outros elementos importantes são o **timbre e a duração**. Há instrumentos que têm duração, têm *sustain*, além de instrumentos como a cuíca, que tem isso de uma forma até mais elástica.

Na composição, foram feitos apenas arranjos cíclicos, não houve ninguém com papel específico de floreio, mas caberia, se desejado. **O floreio serve para quebrar a monotonia, a recorrência.**

Ritmos podem ser binários, ternários, ou compostos. No entanto, mesmo quando um ritmo é ternário ou composto, é comum fazer a associação de que ele pode ser binário, ao agrupar 2 grupos de 3 batidas. A mesma coisa acontece num tempo de 6/8, por exemplo, onde pode-se agrupar 2 grupos de 6 batidas. Segundo (Leonard) Bernstein, não há ritmo que não seja binário, porque mesmo que você tenha um ritmo ternário, você os agrupa binariamente.

Se a batida já está sedimentada culturalmente, pode haver alguma música que abra mão dessa base e utilize somente os instrumentos do contratempo. No samba, por exemplo, como já temos internalizada a batida do pulso (surdo/bumbo batendo espaçadamente), podemos ter a base por cima sem que haja a marcação explícita desse pulso, pra quem já é do samba. João Gilberto, por exemplo, se aproveitou da grande

difusão do samba no Brasil pra fazer um trabalho em cima disso. Ele tirou a ênfase do pulso e a colocou nessa batida que é feita normalmente pela clave/tamborim, através das cordas primas (agudas) do violão. Ou seja, ao tocar, o bordão, que normalmente tem grande destaque, fica mais abafado, dando espaço ao som mais frequente das cordas mais agudas. **O som grave fica implícito na composição, quase que imaginário na cabeça de quem escuta, porque já existe esse conhecimento cultural daquela marcação de ritmo.** Isso acontece muito na música em geral, não só nas composições de João Gilberto.

Se você apenas canta a letra de um Frevo, sem os instrumentos, uma pessoa sem familiaridade com o ritmo pode não entender como ele funciona, e vai tentar preencher aquele “vazio” com acompanhamento que ela conheça. A interpretação do estado/significado de determinada parte da música funciona muito de acordo com a bagagem cultural que o ouvinte traz consigo. O ritmo tem uma territorialidade cultural, certas assinaturas de tempo podem parecer muito normais pra quem é do Brasil, mas totalmente estranhas pra quem é de fora, e vice-versa, como ocorre quando escutamos músicas Orientais, ou ritmos africanos, e até mesmo certos ritmos latinos.

Existe também o “hibridismo” na música, que é misturar elementos de diferentes culturas e estilos e fazer com que essa mistura aproxime a música de ambos os públicos. Por exemplo, o que Chico Science & Nação Zumbi fizeram, ao pegar o Maracatu (e outros estilos, como Coco), juntar com guitarras, dar uma pegada mais Pop e expandir o alcance desses dois estilos.

Outro elemento muito importante é o andamento. **A mudança do andamento pode alterar completamente o sentido de uma música.** Um forró muito acelerado, por exemplo, perde o swing, vira outra coisa, não necessariamente melhor ou pior, mas recaracteriza o ritmo, deixa de ser um forró.

Por fim, vale salientar que nem toda percussão de uma música vem necessariamente de instrumentos percussivos. Uma guitarra pode criar uma batida implícita (exemplo: “Get Lucky”, da dupla Daft Punk), assim como a voz pode ajudar a dividir em compassos.

9.2.2 Entrevista 2 (21/11/2014)

“Quando os músicos se juntam para tocar, tudo parte de um diálogo que rola ali na hora. Quando não tem um diálogo, as coisas já vêm pré-estabelecidas (conceitos fundamentais do ritmo a ser tocado). Se eu puxar um ritmo e tiver outro percussionista pra me acompanhar, ele vai já identificar como aqueles padrões se encaixam naquele ritmo. A partir daí ele vai improvisar, criar aqui e ali, vai talvez fugir do padrão. Tem horas que quem está tocando vai querer fugir do padrão, e horas em que vai querer se manter, pois tem horas que não cabe, não há espaço pra inovação.

Acontece muito isso, as pessoas rotulam. Dizem ‘ah, nessa parte da música, faz um maracatu’, e isso prende. Às vezes não precisava falar ‘faz um maracatu’, de repente a própria pessoa já ia tocar algo nessa linha. Mas aí quando você fala isso, a pessoa vai se restringir a tocar algo completamente formalizado dentro do contexto de maracatu, cria quase que uma prisão. A pessoa deixa de tocar o que ela tá sentindo de fato pra tocar algo que certamente se caracterize como um maracatu, tirando o espaço de inovação. Isso é muito ruim para a música, essa ‘etiquetagem’ (rotulação)”.

Gravação 1:

Começou pelo repinique. Fez uma espécie de faixa-base, que a partir de certo momento, acelerou o ritmo.

O segundo instrumento foi a pandeirola. Fez uma levada com um certo toque de *crescendo*, numa espécie de meio-termo entre papel de base e de floreio.

O terceiro instrumento foi o bumbo, com o qual fez uma levada nos mesmos moldes da pandeirola, acelerando o tempo ao longo da gravação, criando uma atmosfera quase que de suspense, aproveitando o efeito de “batucada de guerra” que o bumbo tem.

De acordo com o resultado que você quer alcançar, você toma caminhos e decisões diferentes. Isso influencia na forma como você cria uma composição, se vai começar por uma base e fazer o floreio em cima, ou se já tem a ideia de um floreio legal e depois quer só preencher os espaços vazios com a base, etc.

Nessa gravação, a primeira faixa não é completamente cíclica, apesar de fazer papel de base. Ela tem micro-padrões dentro dela, que surgem e/ou deixam de existir em determinados momentos, mas ela toda em si não caracteriza um macro-padrão cílico.

Gravação 2:

Começou pela pandeirola. Fez uma levada totalmente cíclica, exceto pelo final, onde fez um **pequeno floreio de encerramento**.

Em seguida, foi para o bumbo. Esse instrumento teve uma participação mais solta, sem ser perfeitamente cílico, mas utilizou-se de uma alternância frequente entre pancadas fracas e fortes, que criaram uma certa noção de pulso na composição como um todo.

Por fim, usou o repinique. Sua utilização foi bem solta, sem muita preocupação em seguir um padrão fixo, apenas reforçando batidas nos momentos em que achou apropriado. Finalizou com um pequeno floreio, **sincronizado com o floreio da pandeirola**.

Gravação 3:

Começou pelo bumbo. Dessa vez, fez uso também do aro do bumbo para obter um timbre mais aberto. Criou uma espécie de base, relativamente cíclica, mas se aproveitando do contraste entre grave e agudo pra dar ênfases e criar um pulso.

Em seguida, foi para a pandeirola. Basicamente fez um preenchimento com o espaço ocupado por esse timbre, começando depois do início de cada compasso, e praticamente sem variações durante toda a faixa.

Por fim, utilizou o repinique. Pequena mistura de base com floreio, sem muita preocupação em se manter numa levada onde a ciclicidade fosse facilmente identificável.

Foi observado o uso de uma referência visual (na ausência de uma sonora de mesma função) para que o músico possa planejar os momentos seguintes de sua criação de acordo com o que os outros instrumentos pré-gravados já fizeram. Isso foi visto especialmente na finalização de algumas faixas, onde, por perceber que a última batida da levada anterior se aproxima, o músico planeja como vai terminar a levada que está gravando no momento, de forma que ela se encaixe com o que já foi gravado. **Essa “referência” sempre existe, seja visual, sonora ou puramente intuitiva.** Às vezes

cabe a um instrumento esse papel de avisar que o ciclo vai encerrar ou mesmo mudar, às vezes é simplesmente pela conjuntura da música e do sentimento que ela está passando naquele momento, e às vezes há uma combinação prévia entre os músicos para que, em determinados momentos, certas ações sejam realizadas.

Para a faixa-base, que gera o pulso, **às vezes é preciso ter um “chão”, uma ou várias batida(s) que são colocadas entre as batidas do pulso, para manter uma boa noção dos intervalos entre pulsos, como se fosse um trilho de trem que mantém a contagem de tempo bem alinhada.** Do contrário, não haveria precisão de tempo entre as batidas do pulso, pois perde-se a noção de continuidade. Numa das faixas em que o bumbo foi utilizado como marcador de pulso, as batidas no aro serviam como esse “trilho”, para manter o ritmo, sem utilizar batidas enfáticas que dariam maior peso à levada, além do desejado. **Sendo uma marcação mais discreta, ela pode inclusive servir de floreio.**

Na criação da primeira gravação, houve um pensamento premeditado com relação ao que viria a ser o resultado final. Ainda que a construção fosse de um ritmo totalmente novo, o músico planejou mentalmente que gostaria de criar uma composição que “investigasse”, que criasse uma tensão através da aceleração de tempo. **Nesse sentido, existe um instrumento que “controla” como os outros vão se comportar, pois é a ele que todos seguem (ideia de papel-base).**

O timbre do instrumento utilizado influencia na forma que cada papel vai tomar na composição, mas qualquer papel pode ser feito por qualquer timbre, desde que haja equilíbrio entre eles, cada um ocupando seu espaço e “falando” na sua vez. Por exemplo, se um bumbo faz o mesmo padrão de um chocalho, ele vai ocupar muito espaço na composição, e talvez não caiba mais muita coisa por parte dos outros instrumentos.

O balanço entre batidas no tempo e no contratempo, entre coincidências e não-coincidências, enriquece o ritmo. Quebra a monotonia de quem escuta, traz uma surpresa que volta a prender a atenção do ouvinte.

Na construção de um ritmo, às vezes as pessoas querem extrair todo o suingue de um único instrumento só, todos os papéis, como um pandeiro fazendo o papel de solista (agudos – borda do pandeiro), de bumbo (graves – meio do pandeiro), etc. Isso é legal quando o pandeiro é o único instrumento da composição, mas se existem outros, não pode haver essa sobreposição. **Cada instrumento tem que fazer apenas o seu papel, e, se necessário, os outros instrumentos devem parar e dar espaço naquele tempo (ou espaço de tempo) para o instrumento da vez. A soma dos instrumentos é que tem que dar a sensação de completude do ritmo.**

Cada instrumento é, em si, um sistema isolado, pois a maioria pode gerar diferentes timbres dependendo do local ou da forma como são tocados. A soma desses instrumentos gera um macro-sistema, que é a composição rítmica.

9.2.3 Entrevistas 3 e 4 (20/01/2015)

Por motivos de disponibilidade de tempo, a entrevista foi feita, em grande parte, com dois indivíduos (um músico e um músico-pesquisador) simultaneamente. Como a ideia

do experimento é obter informações sobre o processo de criação, dando total liberdade ao músico de agir como lhe for mais confortável, essa abordagem foi considerada válida, e se deu como descrito a seguir.

Gravação 1:

Os instrumentos escolhidos foram o bumbo e o repinique, sendo obtidas as mais diversas combinações de timbre, através do uso das mãos, baquetas e até um anel para bater no aro do repinique. Foi um momento de criação livre onde ambos os instrumentos foram tocados ao mesmo tempo, numa *jam*. O repinique, apesar de ter um timbre mais agudo, fez o papel de base, trazendo a marcação de tempo consigo. O bumbo, por sua vez, fez uma espécie de solo ou floreio, construindo fraseados intervalados, o que deu à composição como um todo uma ideia quase marcial. Houve momentos de maior intensidade nas batidas, maior frequência de ocorrência das mesmas, assim como momentos onde o inverso foi observado, criando uma dinâmica interessante.

O músico disse que se inspirou no funk para criar suas batidas no bumbo, e que tentou compilar o ritmo apenas através do uso das mãos, visto que, na bateria - instrumento de sua formação -, ele está acostumado a usar também os pés. Achou que a gravação conjunta ficou suficientemente preenchida, que não adicionaria outros instrumentos, pois já havia o timbre do bumbo, do repinique e do anel do pesquisador batendo no aro; **mais notas impediriam a boa percepção de “preenchimentos” e “notas fantasma” que aparecem.**

Sobre a composição, o pesquisador disse que, apesar de não haver uma combinação prévia entre os dois, fica meio óbvio (implícito) para músicos que tocam juntos que deve haver uma dinâmica entre os seus instrumentos. Por ter sido solicitado que criasse uma batucada sem focar em nenhum estilo musical já conhecido, esperou que o bumbo - **instrumento de timbre mais grave, que em sua concepção, costuma fazer o papel de base** - começasse, para que ele pudesse criar algo “poli-rítmico”. Além disso, quis fazer uma batucada com o tempo mais quebrado, que não sincronizasse perfeitamente com as batidas do bumbo em todos os compassos, mas ainda assim se encaixasse na composição. Disse também que achou que caberia mais instrumentos na composição, desde que fosse algo mais melódico, na linha de um xilofone (já que há a restrição de se manter apenas em instrumentos percussivos).

Ao escutar a sugestão do pesquisador, o músico disse que considerava a composição completa porque achava que poderia incluir apenas algum instrumento dentre os 3 que foram fornecidos (bumbo, repinique, pandeiro). Mas no caso de haver possibilidade de outros, concordava com a adição de algo mais melódico, como o xilofone, pois o que havia sido composto até então já trabalhava muito a parte rítmica, ou mesmo um prato, ou um triângulo, que adicionariam efeitos pontuais. O pesquisador considera que, apesar de haver uma certa discrepância de batidas durante alguns compassos, é possível identificar certos **padrões rítmicos**.

Falando sobre **a importância de dinâmica e variações numa composição rítmica**, ambos concordaram que é sim possível criar um ritmo cuja intenção é se manter constante (ostinato), tudo depende de onde se quer chegar com aquilo.

Gravação 2:

Foi pedido que gravassem uma nova composição, mas dessa vez fazendo apenas um instrumento por vez, para que os papéis ficassem melhor definidos. O pesquisador começou pela pandeiro, fazendo uma espécie de complemento de uma base ainda

inexistente. O segundo instrumento foi o bumbo, que pareceu preencher alguns espaços, mas não aparentou seguir uma métrica clara. Ambos os instrumentos tiveram gravações de curta duração, servindo mais como instrumento para discussão de conceitos do que como uma composição em si. Ao terminar a gravação, falou que ainda caberia um terceiro instrumento (o repinique), mas como precisava se ausentar da entrevista devido a compromissos, deixou para que o músico terminasse a composição como achasse melhor. Explicou que começou pela pandeirola justamente para não ir ao lugar-comum de começar com uma base “bem fechadinha” (em andamento binário, por exemplo), feita por um instrumento grave, para depois acrescentar elementos por cima, e que certamente caberiam mais instrumentos na composição, para haver a dinâmica.

Ao ser perguntado sobre a hipótese de que, quanto mais próximas forem as quantidades de coincidências e não-coincidências (tempos e contratemplos, por exemplo) das batidas de dois instrumentos rítmicos dentro de uma composição, mais interessante ela se torna, ele ressaltou que isso não se aplicaria a essa composição, pois para haver contratempo, era necessário que houvesse um tempo bem definido, e não era o caso ali. Explicou que, para ele, seria muito mais fácil fazer um ritmo “bem fechado”, mas que, como entendeu que a proposta da entrevista era criar algo fora do convencional, tentou ir o mais longe possível, excluindo até mesmo a utilização de um tempo bem definido.

Por fim, concordou que **existem papéis rítmicos de cada instrumento dentro de uma composição**. Além disso, ressaltou que, dentre esses papéis, **normalmente é tarefa dos instrumentos de timbre mais grave marcar o tempo**. Num **ostinato**, por exemplo, **outros instrumentos apareceriam apenas ocasionalmente, para fazer um floreio**. Destacou também papéis como **acompanhamento, base, solo**, dentre outros, de acordo com o estilo de música que está sendo definido.

Ao voltar o foco da entrevista para o músico, dado que o pesquisador precisou se retirar, ele preferiu finalizar a gravação do pesquisador antes de começar uma nova que fosse inteiramente sua. Utilizou-se do repinique para criar uma frase rítmica composta por momentos em que é possível identificar alguns padrões, e outros em que há uma espécie de composição livre. Por último, resolveu adicionar um quarto instrumento à composição, uma caixa acústica. Fez uma frase com muita característica de base, repetindo um mesmo padrão (rufos) por praticamente toda a gravação, com apenas alguns intervalos.

Ao ser perguntado sobre o porquê de ter dado continuidade à gravação do pesquisador, ele disse que sentiu que faltavam elementos, ratificando a análise feita sobre o papel de cada instrumento que seu predecessor havia tocado. Disse também que sentiu que havia espaços vazios a serem preenchidos, e que faltava dinâmica à composição.

Gravação 3 (apenas o músico):

Começou a gravação com o bumbo, fazendo uma frase onde era possível identificar alguns padrões rítmicos, mas sem necessariamente ser algo completamente cílico. Em seguida, pegou a caixa, e criou uma base feita apenas com batidas no aro. Por último, gravou utilizando a pandeirola, com a qual preencheu bastante a duração da composição, como uma espécie de base complementar.

Assim como o pesquisador, o músico concordou que existem papéis bem definidos na construção de uma composição rítmica. Como exemplo, citou a bateria, onde o

chimbal costuma marcar o tempo, a caixa marca as batidas 2 e 4 do compasso, e o bumbo marca o 1º ou 3º tempo, em geral. Citou também **a ideia de “perguntas e respostas” feitas pelos instrumentos** entre si: quando o bumbo “faz uma pergunta” e a caixa “responde”, dando uma sensação de abertura e encerramento de diálogo, por exemplo. Por fim, passou a ideia de que **concorda com a complementação de instrumentos em termos de batidas em tempos e contratemplos, assim como as alternâncias das faixas de frequência (agudos e graves), de forma que a composição possa ser totalmente preenchida**. Concordou com a existência dos papéis de base, marcação de tempo, complemento, e inclusive sugeriu que, apesar de floreio e solo poderem ser considerados a mesma coisa em determinadas situações, **um solo costuma ter uma duração bem maior que um floreio**.

9.2.4 Entrevistas 5, 6, 7 e 8 (26/01/2015)

Assim como ocorreu na anterior, esta entrevista foi realizada de forma simultânea com todos os participantes em alguns momentos, e isoladamente em outros, o que contribuiu para gerar discussões entre diferentes pontos de vista. Dentre os participantes, encontravam-se três músicos (doravante “músico 1”, “músico 2” e “músico 3” e um músico pesquisador.

Gravação 1 (músico 1):

Começou pelo repinique, fazendo uma espécie de base, mas sem demonstrar qualquer tipo de atrelamento a métricas, resultando numa frase um tanto inusitada para os padrões comuns aos quais estamos acostumados. Em seguida, passou para o bumbo, onde fez um complemento da base, ora preenchendo vazios, ora acompanhando o que já havia sido gravado no outro instrumento. Ao ser perguntado sobre a completude ou não da composição, encarando-a como uma batucada, recebemos um comentário do pesquisador, que apontou que, a nível de batucada, o que tinha sido gravado estava totalmente fora de padrão. Percebi então que a proposta da entrevista não havia sido passada com clareza, e expliquei-a novamente, procurando desta vez deixar melhor definido o que estava sendo pedido ali. Deu-se início então a uma discussão mais abrangente sobre o processo criativo do músico e as mais diversas intenções que ele pode ter durante, com participação ativa de todos os entrevistados.

Como a discussão enveredou-se por diversos pontos, alguns inclusive mais filosóficos do que práticos, ressalto a seguir aquele que considerei mais relevante para o trabalho: O pesquisador destacou que, **quando uma composição é feita para “o popular”** (no sentido de ser feita para o público em geral, e não para um propósito específico, como uma peça erudita), **costuma haver marcação de tempo bem definida**.

Gravação 2 (músico 2):

Começou pelo bumbo, num fraseado rítmico onde era possível identificar alguma divisão de tempo, denotada pela alternância eventual entre batidas fortes e fracas, além da complementação de batidas no aro do instrumento, gerando um contraste de timbres. Em seguida, utilizou-se do repinique, que fez um complemento da base do bumbo com batidas bem frequentes, quase sem intervalos. O músico 2 disse ter se inspirado numa ideia de ritmo africano, enquanto o pesquisador ponderou que lembrava mais uma batucada marcial (talvez pelos frequentes rufos feitos no repinique). O percussionista então finalizou dizendo que considerava a composição completa, sem necessidade de adicionar outros instrumentos.

Gravação 3 (músico 3):

O músico 3 decidiu tocar todos os instrumentos em uma só faixa, criando todos os papéis de uma vez. O bumbo alternou entre marcação de tempo e solos, enquanto o repinique serviu de complemento e a pandeirola apareceu para dar destaque em alguns momentos. Ao explicar a ideia por trás da composição, disse que percebeu que tinha duas categorias de timbres: agudos (os aros do bumbo e do repinique, e a pandeirola) e graves (o bumbo e o repinique em si), e quis então criar um diálogo entre esses sons, que é algo que acontece na música ocidental com frequência (**a ideia de pergunta e resposta**). Disse também que a marcação de tempo, apesar de existir, não foi intencionalmente designada a nenhum instrumento específico; muitas vezes era apenas internalizada, ainda que tenha acontecido de, durante alguns momentos, ela coincidir com as batidas de algum instrumento.

Ainda sobre o processo de composição, o músico 3 falou sobre as emoções que se tenta passar em cada trecho da obra, utilizando, por exemplo, instrumentos mais graves para passar a sensação de peso, de tensão, enquanto instrumentos mais agudos trariam a leveza ou o contraste que chama a atenção e dá a sensação de encerramento de um ciclo, etc.