

Aplicação de descritores de áudio na análise de música mista com live-electronics: o caso de W.A.S.T.E. de Claus-Steffen Mahnkopf

Pedro Henrique de Faria (NICS - UNICAMP)

José Henrique Padovani (UFMG/UNICAMP)

Resumo: O trabalho utiliza descritores de áudio enquanto alternativa ferramental na análise de música mista com *live-electronics*, focando em uma seção de *W.A.S.T.E.* (2002) de Claus-Steffen Mahnkopf, em que o material instrumental é baseado em técnicas estendidas (multifônicos) e a eletrônica combina processos em tempo real e diferido. A análise é dividida em duas partes: a primeira contém um estudo global do material instrumental, enquanto a segunda examina os processos técnicos, os modos de interação e os atributos do material instrumental e da eletrônica. O estudo visa compreender a estruturação do discurso musical de Mahnkopf e, ao mesmo tempo, fornecer estratégias relacionadas à exploração de descritores de áudio no contexto do estudo analítico de peças que empregam recursos semelhantes àqueles utilizados pelo compositor.

Palavras-chave: Análise musical assistida por computador. Descritores de áudio. Música mista. Live-electronics. Claus-Steffen Mahnkopf.

Abstract: The text presents an analysis that uses audio descriptors as an alternative tool for the study of mixed music with live-electronics. The analysis covers a section of *W.A.S.T.E.* (2002) by Claus-Steffen Mahnkopf, in which the instrumental material exploits extended techniques (multiphonics) while the electronics combines real-time and deferred-time processes. The analysis is divided into two parts: the first one presents an overall study of instrumental material, while the second one examines the technical processes, modes of interaction, and the main features of the instrumental material and the electronics. The study aims to understand the structuring of Mahnkopf's musical discourse and to provide strategies of exploring audio descriptors in the context of the analytical study of pieces that use resources similar to those employed by the composer.

Keywords: Computer-assisted music analysis. Audio descriptors. Mixed music. Live-electronics. Claus-Steffen Mahnkopf.

1. Introdução: estratégias analíticas em música mista

O campo de criação em música mista encontra-se em constante transformação devido ao caráter altamente mutável das tecnologias associadas a esta prática. Neste contexto, os métodos, estratégias e ferramentas analíticas utilizadas no estudo deste repertório ainda não possuem práticas estabelecidas e devem se adaptar às modificações dos meios de criação. Uma análise restrita à partitura pode não contemplar todo o fenômeno musical deste repertório, fundamentado nas “interações complexas entre intérpretes e processos de tratamento sonoro” (MANZOLLI, 2013, p. 48).

Prevalecem as abordagens analíticas que baseiam-se na adaptação de metodologias desenvolvidas para a aplicação em áreas correlatas, particularmente na música eletroacústica. Bachratá (2010), por exemplo, realiza um estudo extensivo de classificação gestual de objetos sonoros na música mista baseando-se na tipologia e morfologia, valendo-se de conceitos estabelecidos em trabalhos já tradicionais como aqueles de Schaeffer (1966), Wishart (1996) e Smalley (1997). Em outra vertente, trabalhos como o de Lalitte (2006) exploram as relações musicais gestuais entre instrumento e eletrônica – este, baseado em um modelo semiótico, é elaborado a partir das considerações acerca do gestual instrumental e as novas tecnologias de Cadoz (1999) e Wanderley (1997).

Um aspecto em comum entre estas diferentes vertentes é o fato de proporem um modelo geral que seja passível de ser aplicado em um repertório bastante heterogêneo. Por valerm-se de um único método analítico, tais aproximações podem não abranger as principais peculiaridades das diversas práticas e manifestações da música mista. Entre tais peculiaridades, podemos destacar: a especificidade dos meios de produção e difusão sonora; a linguagem e o idiomatismo dos materiais sonoros; os meios de notação e registro técnico.

No estudo deste repertório é importante contemplar, além dos aspectos individuais pertencentes aos estudos sobre música instrumental e eletroacústica, uma nova dimensão que emerge da combinação das duas práticas estabelecidas. Estratégias analíticas demasiadamente centradas na perspectiva instrumental ou naquela eletroacústica tendem a desconsiderar aspectos relevantes e específicos desse novo campo. Por outro lado, uma abordagem analítica heterogênea não garante consistência do modelo de análise e não deve simplesmente agregar conceitos das práticas independentes.

Um fator determinante nesse tipo de estudo analítico é aquele de adequar a aproximação ao objeto de estudo (peça, repertório, compositor, período etc.), ao enfoque (musicologia, computação musical, composição, performance etc.) e ao escopo específico da própria investigação em questão. Essa estratégia busca tornar viável estabelecer e esclarecer questionamentos apresentados de maneira particular e consistente às perspectivas de um conjunto de necessidades

específicas da área. No contexto de interesse para o presente trabalho, é de se salientar que essa necessidade emerge, também, por situarmos-nos em um estudo analítico interdisciplinar, já que a tecnologia incorpora papel fundamental nas diversas etapas dos processos criativos e analíticos.

2. Investigação a partir de descritores de áudio

Mais especificamente, o presente estudo busca explorar e realizar uma contribuição para as pesquisas analíticas ao explorar e investigar o emprego de descritores de áudio¹ enquanto uma alternativa ferramental no campo da análise musical assistida por computador, em especial, no contexto da música mista interativa². Trata-se de uma estratégia em expansão na última década, com o desenvolvimento de ferramentas dedicadas a esse tipo de análise de sinais em tempo real (MALT; JOURDAN, 2008; BRENT, 2010) e diferido (LARTILLOT; TOIVIAINEN, 2007; MONTEIRO; MANZOLLI, 2010). Existem ainda aplicações recentes no estudo da música eletroacústica, tais como Malt (2015) e Malt e Jourdan (2015).

A aplicação de descritores de áudio surge como uma ferramenta de análise flexível, já que os mais variados algoritmos e técnicas de extração de dados e suas múltiplas implementações computacionais permitem uma adequação da ferramenta de análise a diversos objetos de estudo deste repertório. Assim, uma série específica de descritores pode mostrar-se mais interessante em um determinado contexto, possibilitando inferir, a partir dos dados quantitativos extraídos, observações analíticas voltadas a atributos sonoros pertinentes à análise e correlacionados a tais dados.

Enfatizamos, portanto, que os descritores de áudio são uma ferramenta auxiliar no processo de análise, fornecendo representações numéricas sobre um conjunto de parâmetros musicais que devem ser examinados no contexto do discurso musical específico.

É importante mencionar que a utilização dessas representações são concebidas como um “auxílio”, em uma primeira fase de descrição do fenômeno estudado. Os descritores de áudio são, por definição, uma representação dos parâmetros sonoros, são um ponto de vista parcial, sua função é obter um certo número de informações para o processo de análise musical, desde as fases de segmentação até a fase de interpretação. A utilização da informação obtida por cada uma dessas

¹No contexto deste trabalho, os descritores de áudio correspondem a técnicas de processamento de sinal para extração quantitativa de dados que podem ser correlacionados com determinados atributos sonoros, sejam eles temporais, espectrais ou psicoacústicos.

²Este termo será utilizado ao longo deste texto de maneira a fazer referência às diferentes práticas de música mista em que os processos eletrônicos baseiam-se, prioritariamente, em processamentos em tempo real. Não é de nosso interesse aqui, no entanto, entrar em uma discussão mais pormenorizada de categorias e subcategorias de gêneros ou denominações relacionados a uma ou outra exploração específica de tais recursos.

representações será condicionada e deverá ser confirmada ou refutada por outros elementos analíticos³. (MALT, 2015, p. 159)

O resultado da extração dos descritores pode fornecer uma taxonomia preliminar acerca de características temporais, espectrais e perceptivas de um sinal de áudio, fornecendo indícios objetivos para o processo de análise. De fato, tais indícios, no contexto deste repertório, não estão restritos àqueles encontrados de maneira manifesta nos múltiplos registros da peça (partitura, *patch*, registro técnico dos processos eletrônicos etc.), e incluem, dentre outros elementos de interesse à análise, as diversas representações quantitativas que podem ser extraídas a partir do uso de descritores.

Alguns exemplos de abordagens analíticas recentes que utilizam descritores na música interativa são os trabalhos de Rossetti e Manzolli (2017) e Rossetti, Teixeira e Manzolli (2018). Neles, os autores realizam uma ampla análise voltada à organização estrutural e aos atributos globais de uma peça, aplicando os descritores de áudio enquanto ferramenta que permite articular a reflexão acerca de diversos aspectos do processo criativo, da forma, dos materiais e da interação entre instrumentos e eletrônica.

No presente trabalho, buscamos uma aproximação alternativa, aplicando analiticamente os descritores em um contexto mais delimitado, buscando investigar aspectos sonoros resultantes da interação entre processos eletrônicos e instrumento em uma seção particular de uma peça. A partir de um conjunto de indícios locais, pretendemos delinear aspectos do discurso musical, dos elementos poéticos e dos principais processos composicionais utilizados nessa seção específica, discutindo estratégias analíticas relacionadas ao emprego de descritores que permitam discutir essa aproximação em um escopo mais amplo do repertório de música mista interativa.

3. Recorte analítico e metodologia

Este estudo é embasado no processo de análise de uma seção⁴ de *W.A.S.T.E.* (2002) para oboé e *live-electronics* do compositor alemão Claus-Steffen Mahnkopf, que combina escrita instrumental estendida (multifônicos) e um amplo aparato técnico na eletrônica (*softwares*, *hardwares*, processos em tempo real e diferido). O recorte analítico é restrito a apenas uma seção por se tratar de uma peça de longa duração (18 minutos) que reúne

³Tradução nossa.

⁴Houve um seccionamento preliminar da peça em quatro seções, assim definidas com base em três padrões estruturais: material musical do oboé (multifônicos tradicionais, multifônicos com efeito de única nota, melodia etc), quantidade e tipologia dos efeitos da eletrônica (drones, reprodução defasada do oboé, filtragem, granulação etc.) e modos de interação entre oboé e eletrônica.

uma grande quantidade de informações e processos técnicos concomitantes. A metodologia adotada busca uma análise concisa que permita a contextualização geral da peça mas também o entendimento aprofundado acerca dos principais elementos musicais e formais do seu discurso. A seção estudada é a segunda de *W.A.S.T.E.* e representa cerca de um terço da duração total da peça⁵. Sua escolha, para a presente análise, se deu por nela estarem combinados múltiplos processos eletrônicos, técnicas instrumentais estendidas e diversos modos de interação entre instrumento e eletrônica.

A definição da metodologia analítica teve como ponto de partida a constatação de que aproximações baseadas em aspectos puramente sonoros ou notacionais não seriam capazes de propiciar uma compreensão adequada dos principais pontos interesses da pesquisa. De maneira a abordá-los, realizamos um estudo exploratório empregando descritores de áudio.

Três aspectos fundamentaram o emprego de descritores como ferramenta técnica para a análise da peça. Primeiramente, a imprevisibilidade do resultado sonoro da própria parte instrumental frente à notação: reflexo de uma intensa exploração de multifônicos e de uma estratégia de notação baseada em uma relativa simplificação das componentes parciais e do espectro sonoro. Um segundo aspecto está relacionado à complexidade do aparato técnico da eletrônica, organizado a partir da combinação de diversos processos em tempo diferido e em tempo real e utilizando, inclusive, dispositivos eletrônicos cujos detalhes de operação e construção são de difícil acesso. Em terceiro lugar, a notação fornece poucos subsídios para a previsão do resultado sonoro dos processos que ocorrem na interação entre o instrumento e a eletrônica, peculiaridade muito relevante na compreensão do discurso musical neste repertório.

Os descritores utilizados na pesquisa foram *croma*, *irregularidade espectral* e *rugosidade* (também chamado de *dissonância sensorial*)⁶. Cada descritor foi escolhido a fim de contemplar um aspecto relevante e peculiar do objeto analisado. A extração das alturas em subdivisões de quartos de tom (obtida por meio do descritor *croma*) fornece suporte a um estudo que pode ser correlacionado mais facilmente àquilo que é prescrito na notação. As variações do conteúdo espectral (obtidas por meio do descritor *irregularidade espectral*) permitem compreender a relação entre sons instrumentais e as resultantes dos processos eletrônicos – estruturados a partir do processamento

⁵Contida entre 4'10" e 11'12" da gravação de referência de Mahnkopf, Veale e Haas (2011).

⁶Esses três descritores foram empregados a partir de sua implementação na biblioteca MIRtoolbox em Matlab (LARTILLOT; TOIVAINEN, 2007). Download e detalhes do projeto no site: <<https://www.jyu.fi/hytk/fi/laitokset/mutku/en/research/materials/mirtoolbox>>. [Acesso em: 10. Out. 2019]. Para uma ampla discussão acerca dos modelos e da taxonomia dos descritores aplicados à análise e à criação musical, ver Monteiro (2012) e Simurra (2016).

dos sons instrumentais. Já a extração baseada no modelo de dissonância sensorial (descritor *rugosidade*) fornece indícios importantes sobre processos de estruturação dos sons instrumentais, dos processos eletrônicos e de suas interações no discurso musical.

Croma é um descritor que analisa as características harmônicas de um sinal de áudio⁷ e foi utilizado neste estudo para analisar o perfil de classe de notas com precisão de quartos de tom (tal precisão se deve à adequação do processo de análise à construção microtonal do material instrumental da peça).

Irregularidade espectral é um descritor que fornece indícios relevantes sobre o grau de homogeneidade espectral entre os diversos multifônicos e processos eletrônicos empregados na seção estudada. Quanto maior o valor extraído, maior é a variação (irregularidade) entre cada janela sucessiva amostrada⁸.

Rugosidade é um descritor que busca modelar o fenômeno da percepção de batimentos de alturas⁹. Na análise, ele é empregado de maneira a fornecer indícios relacionados à percepção dos diversos multifônicos e dos processos eletrônicos empregados. Como será discutido adiante, seus dados não necessariamente coincidem com aqueles fornecidos pelo descritor de irregularidade espectral.

A análise é dividida em duas etapas e ambas são embasadas nos dados extraídos pelos três descritores descritos acima. O espectrograma será uma ferramenta auxiliar na segunda etapa do estudo, fornecendo indícios sobre o perfil de variação temporal do espectro nos trechos musicais analisados. O estudo parte da análise computacional dos 49 multifônicos explorados por Mahnkopf, seguida por uma investigação focada na interação entre instrumento e eletrônica que tem como objetivo examinar os atributos harmônicos, espectrais e perceptivos de três trechos da seção escolhida. O contraste entre análise global e local é utilizado na intenção de estabelecer dois procedimentos: a) estudo dos materiais na macroforma – isto é, a compreensão dos materiais instrumentais do oboé no contexto harmônico e textural ao longo de toda a seção; e, b) um estudo mais

⁷A extração ocorre a partir da detecção da presença e do peso de energia atribuídos a classe de notas por um vetor numérico, obtido pela comparação da medida de energia espectral contida em uma banda de frequência de uma janela de análise de áudio. Neste caso, foi aplicada uma janela de 24 *bins* para a FFT, implicando em uma banda de frequência com 24 divisões da oitava, ou seja, com precisão de quartos de tom.

⁸Sua extração ocorre a partir da análise do grau de variabilidade de picos sucessivos de energia do espectro sonoro. É possível extrair tanto a variação da irregularidade espectral ao longo do tempo, quanto a média da variação geral desses picos espectrais.

⁹Extraído a partir de um modelo de simulação sensorial da audição baseado na noção de banda crítica. A implementação do algoritmo do MIRtoolbox utiliza o modelo de dissonância sensorial de Sethares (2005), extraindo “uma estimativa da rugosidade total [...] computando os picos do espectro e obtendo a média de toda a dissonância entre todos os pares possíveis de picos.”(LARTILLOT, 2017, p. 135).

delimitado à microforma – em que a discussão desses parâmetros englobe o contexto musical dos trechos musicais escolhidos para este estudo.

4. Análise global dos multifônicos

Os processos composicionais contidos nessa peça demonstram a utilização do instrumento a partir da expansão dos seus limites idiomáticos tradicionalmente estabelecidos. A predominância dos multifônicos (constituindo cerca de 85% do material da parte instrumental em termos de duração total da peça) sugere que o efeito é utilizado de modo estruturador em *W.A.S.T.E.*

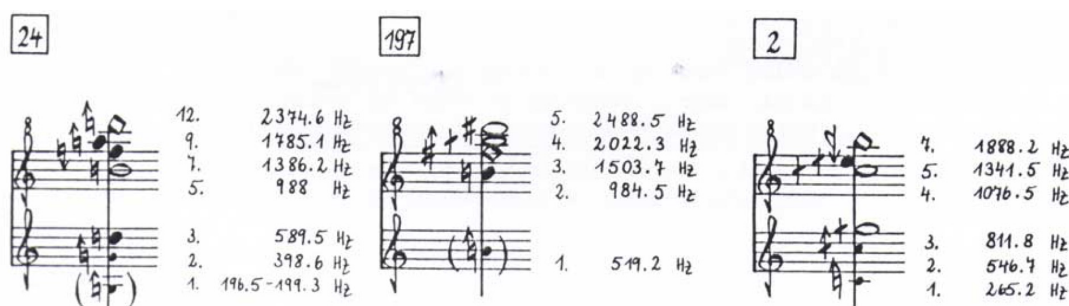


Fig. 1 – Notação de multifônicos derivada a partir da análise espectral (VEALE et al., 1994, p. 67).

A notação do efeito empregada na peça é derivada de uma pesquisa de classificação dos multifônicos do oboé a partir de seu conteúdo espectral, desenvolvida por Mahnkopf e Peter Veale, a quem a peça é dedicada (ver figura 1). A metodologia desta notação visa padronizar a escritura harmônica do multifônico a partir de seus componentes espectrais, propondo ainda um conjunto de tipologias¹⁰. Todos os multifônicos da peça são notados na partitura conforme a numeração, digitação e notação harmônica referente a catalogação do livro. Esses aspectos demonstram o conhecimento de Mahnkopf acerca das técnicas estendidas do oboé e de seus processos harmônicos e espectrais.

A primeira etapa do estudo é a análise global do conjunto de 49 multifônicos empregados na segunda seção de *W.A.S.T.E.* O intuito neste momento é compreender as propriedades harmônicas e espectrais dos multifônicos a partir do descritor *croma*. Este descritor fornece importantes subsídios para a compreensão dos recursos harmônicos empregados na seção com base no material instrumental.

¹⁰A notação associa quatro símbolos de cabeça de nota à respectiva intensidade (volume) do parcial notado. Cada símbolo representa um nível dinâmico: 0 dB ou mais (notas com forma de losango); -1 a -6 dB (notas com cabeça de mínima); -7 a -15 dB (semínimas com tamanho usual); ou menos de -15 dB (semínimas com tamanho reduzido). Sobre as alturas, a precisão é microtonal, baseada em oitavos de tom. Das quatro tipologias propostas por Veale et al. (1994), a seção analisada emprega apenas os multifônicos considerados tradicionais e de harmônicos duplos.

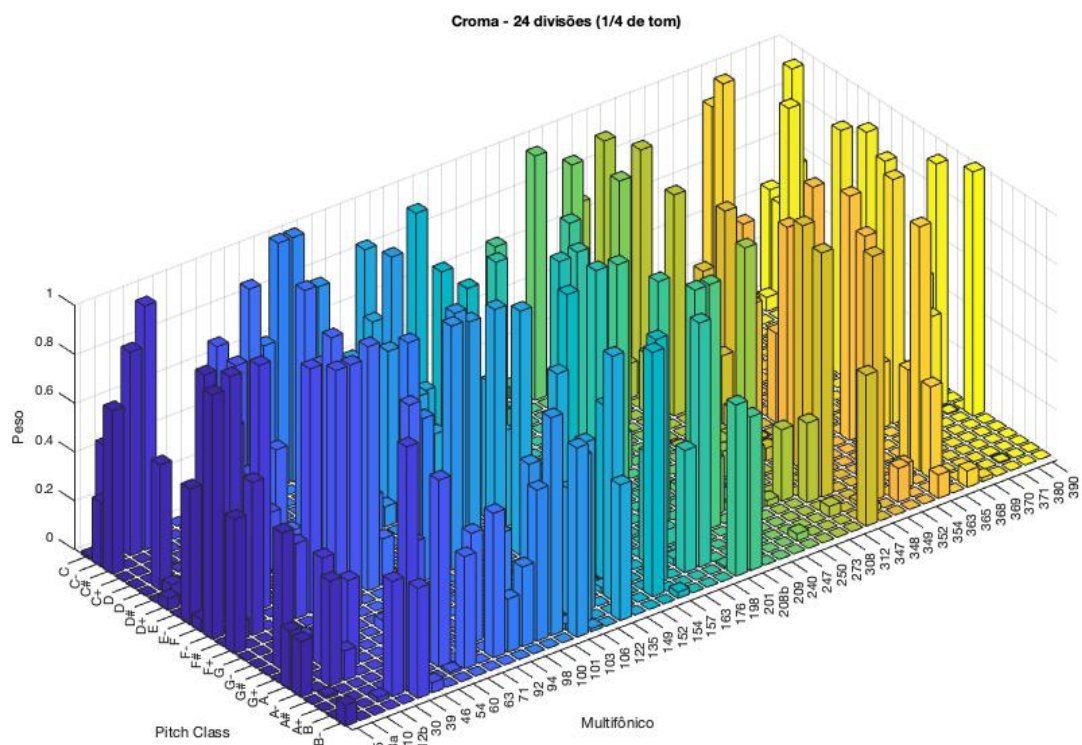


Fig. 2 – Perfil do *croma* para todos os multifônicos da seção analisada.

O resultado da extração é dado no formato de uma projeção tridimensional (peso vs. altura vs. índice do multifônico) a fim de auxiliar na visualização geral do perfil das distribuições de alturas dessas sonoridades (ver figura 2). Este resultado permite apontar que não existem alturas predominantes ou reincidentes nos multifônicos empregados na seção analisada. Esse aspecto corrobora para o que a audição intuitivamente apontava: uma estrutura harmonicamente linear e sem qualquer hierarquia ou recorrência notável, distanciando-se de um perfil de estruturação convencional.

Os descritores de *irregularidade* e *rugosidade* fornecerão informações relevantes sobre as propriedades espectrais e texturais dos sons produzidos, buscando organizações alternativas no discurso musical. O resultado da extração para a *irregularidade* e *rugosidade* é uma representação que combina os dois descritores, tendo como referência a organização em ordem decrescente dos coeficientes do descritor de *irregularidade* (ver figura 3).

Quanto à *irregularidade*, a maioria dos multifônicos apresentam níveis similares de variação do espectro no tempo, com poucas exceções significativas. Quanto à *rugosidade*, o contraste dos coeficientes de dissonância sensorial são acentuados, indicando uma grande variação das prováveis percepções auditivas dessas sonoridades em termos de batimentos. Assim, é possível deduzir que a similaridade entre os coeficientes de *irregularidade* dos multifônicos não tem

correspondência com uma percepção linear global dos sons produzidos, o que é evidenciado pela não coincidência entre os coeficientes da *rugosidade* e *irregularidade*.

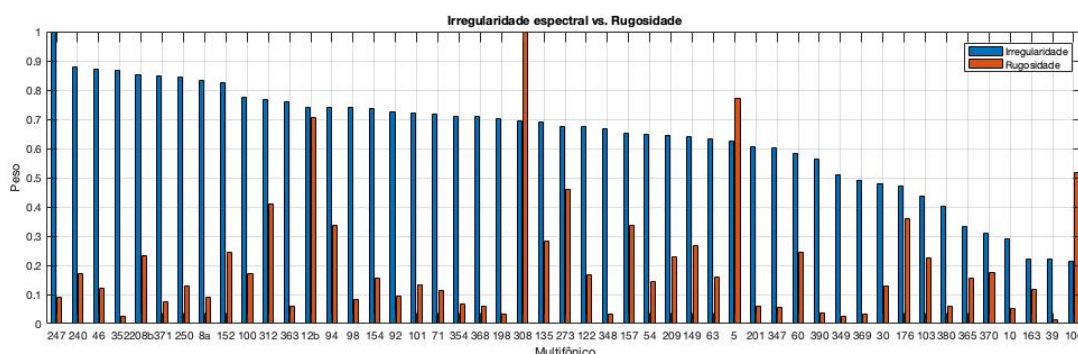


Fig. 3 – Combinação dos dados de *irregularidade* e *rugosidade* para todos os multifônicos presentes na seção analisada.

Preliminarmente, é possível inferir que há uma organização estrutural deste efeito na seção de modo a priorizar o contraste da percepção de batimentos entre os diversos multifônicos. Um indício relevante deste fato é o alto contraste entre os valores mínimo (0,0121) e máximo (1) do coeficiente de *rugosidade*. Por outro lado, os valores para a *irregularidade espectral* estão entre 0,21 e 1, com a maioria dos multifônicos apresentando valores entre 0,6 e 0,9.

Na próxima etapa da análise, dedicada ao estudo de três trechos da seção, será investigado se a *rugosidade* é um fator estruturante local quando considerada a relação entre o material instrumental e os processos eletrônicos. Neste caso, em vez de uma média geral do coeficiente, será considerado o perfil de variação temporal dos descritores e dos componentes espectrais (este último, utilizando-se o espectrograma).

5. Análise dos excertos musicais

Os trechos musicais analisados buscam contemplar uma parcela significativa dos recursos instrumentais, processos técnicos e interativos contidos em diferentes momentos da seção estudada. Cada excerto é uma combinação de dois trechos menores que compartilham um conjunto de similaridades, tais como os multifônicos empregados, estrutura de organização dos materiais musicais e/ou os modos de interação entre instrumento e eletrônica.

Devido a complexidade do sistema empregado na geração e processamento da eletrônica e o escopo reduzido deste trabalho, o detalhamento dos processos será restrito a uma classificação entre *Processos em Tempo Real*

(PTR) e *Processos em Tempo Diferido* (PTD)¹¹. Outro conceito relevante para a análise é a definição de dois modos de interação entre instrumento e eletrônica. O modo *associativo* indica a combinação dos sons eletrônicos e instrumentais que resulta na emergência de uma nova sonoridade. Estas sonoridades têm características diversas, desde a fusão entre os sons instrumentais e eletrônicos até a formação de complexos sonoros com grande variação timbrística ao longo do tempo. O modo *transformativo* indica um contexto no qual os processos eletrônicos transformam um ou mais sons instrumentais ao longo do tempo. Conforme será detalhado adiante, por definição, o modo *transformativo* só é viável se a eletrônica apresentar PTR. A tabela 1 reúne todas as informações preliminares acerca dos excertos analisados.

Excerto	Localização	Multifônicos	Processos	Modos de interação
1a	4'10" a 4'19" (p. 6)	94, 98 e 101	PTD	associativo
1b	5'57,5" a 6'01" (p. 10)	94 e 247	PTR	transformativo
2a	4'20" a 4'29" (p. 6)	harmônicos duplos	PTD e PTR	associativo e transformativo
2b	4'30" a 4'45" (p. 7)	94 e harmônicos duplos	PTD e PTR	associativo e transformativo
3a	10'45,5" a 10'53,5" (p. 20)	60, 92, 94, 98, 100 e 101	PTR	associativo
3b	10'54" a 10'58,5" (p. 20)	370	PTR	transformativo

Tab. 1 – Nomenclatura, localização, multifônicos empregados, processos eletrônicos e modos de interação predominantes nos trechos musicais analisados.

Conforme discutido anteriormente, a primeira etapa da análise constatou o potencial do uso do descritor de *rugosidade* na investigação dos indícios de organização estrutural do material instrumental na seção. Este descritor também fornece uma quantificação numérica precisa baseada em preceitos perceptivos. Por essas razões, a discussão desta etapa é predominantemente embasada na análise comparativa do perfil de variação temporal da *rugosidade* em cada excerto¹². Essas informações são complementadas a partir dos dados do *croma* entre os multifônicos individuais e o trecho musical. Esse aspecto visa identificar a função dos processos eletrônicos e dos modos de interação no conteúdo espectral final. O espectrograma de cada excerto também será considerado a fim de observar o perfil de variação temporal do espectro.

Devido a grande quantidade de dados analisados, é relevante partir de um conjunto de observações gerais. O estudo minucioso do perfil de variação da *rugosidade* dos trechos indica que o modo de interação *transformativo* é aquele que apresenta maior taxa de variação do coeficiente. Este modo de interação ocorre nos trechos 1b e 3b. Neles, também prevalecem as maiores taxas de transformação espectral, verificadas a partir do espectrograma e do *croma*.

¹¹ Uma discussão mais detalhada sobre o contexto técnico e os processamentos utilizados na peça é realizada em Faria (2019).

¹² Todas as representações do coeficiente de rugosidade foram normalizadas (valor máximo = 1) a fim de padronizar a análise dos dados.

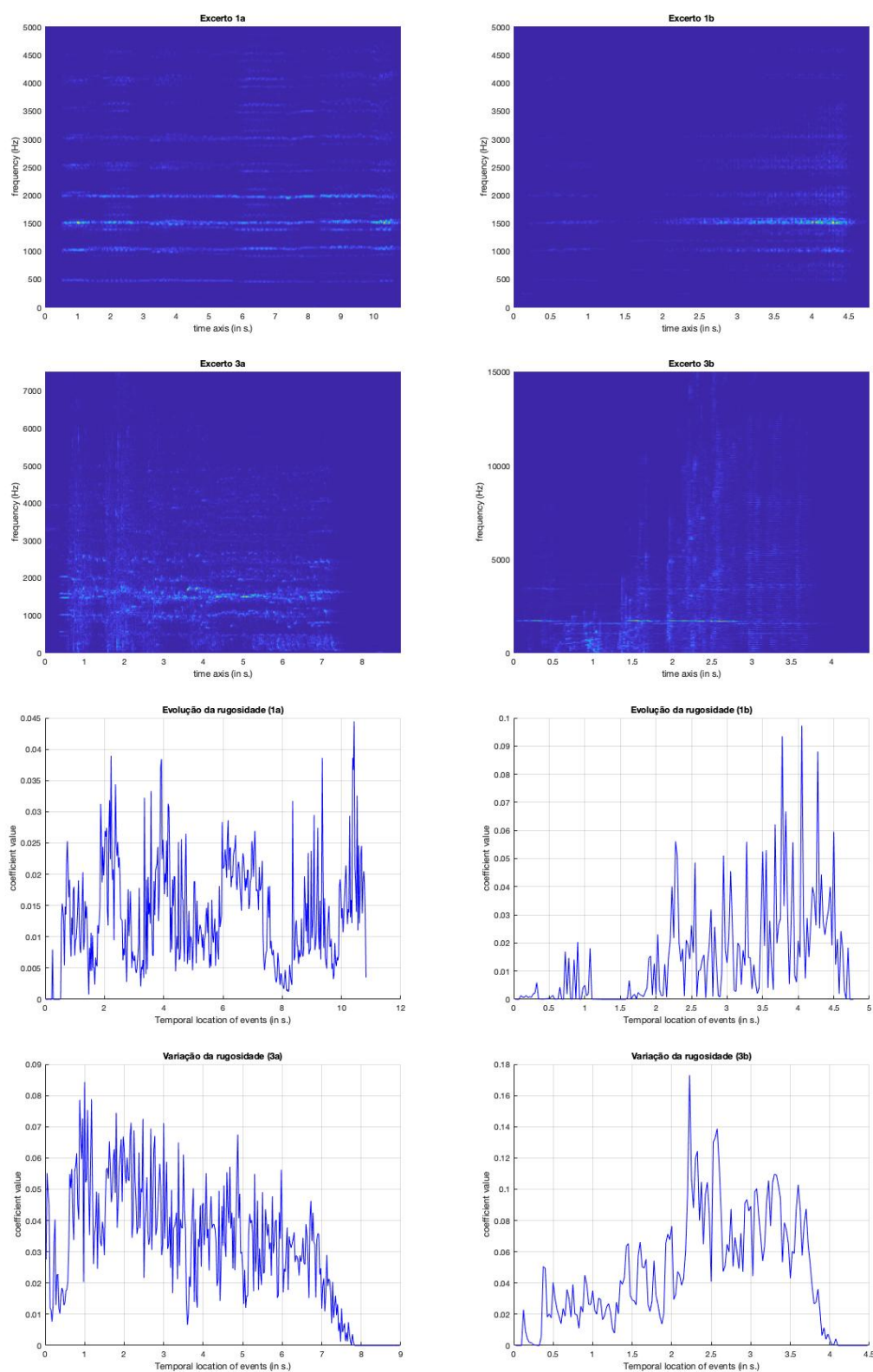


Fig. 4 – Variação temporal do espectro (acima) e da *rugosidade* (abaixo) nos excertos com modo de interação *associativo* (1a e 3a, lado esquerdo) e *transformativo* (1b e 3b, lado direito).

Do ponto de vista da estruturação do discurso musical, essas observações indicam que os PTR associados ao modo *transformativo* exercem um papel fundamental na transformação dos timbres, do conteúdo espectral e da percepção relacionada a esses parâmetros musicais. Essa organização estrutural da eletrônica é, portanto, a que fornece o maior potencial de transformação do material instrumental em termos paramétricos e perceptivos. Tais dados permitem inferir um tratamento bastante característico dos PTR, possibilitando conjecturar uma funcionalidade composicional na exploração destes processos.

Em contraste, a análise reforça os indícios de que os PTD possuem pouco potencial de transformação dos atributos sonoros em contextos locais. Diferentemente do que ocorre com os PTR, os PTD são empregados em organizações que priorizam a fusão ou a complementação timbrística e/ou espectral entre o material instrumental e a eletrônica – o que, mais uma vez, permite entrever uma exploração funcional distinta destes processos em relação àqueles realizados em tempo real.

Esses aspectos podem ser verificados a partir das representações da variação espectral e da *rugosidade* (ver figura 4) para cada trecho analisado. É possível notar a similaridade do perfil espectral no tempo entre os trechos com modo *associativo* (1a e 3a, lado esquerdo) e *transformativo* (1b e 3b, lado direito). Em relação a *rugosidade*, além do perfil similar entre os modos de interação, é possível verificar uma variação menor do coeficiente entre os trechos com modo *associativo* e maior entre os trechos com modo *transformativo*.

O modo *associativo* possui variadas características relacionadas a combinação e fusão sonora, dependendo predominantemente dos processos eletrônicos envolvidos no trecho. No trecho 1a predomina a característica de fusão dos timbres instrumentais e eletrônicos. Nele, é possível perceber, ainda, a predominância estrutural do material instrumental composto pela alternância entre três multifônicos. O uso dos PTD indica, portanto, a função de complementação timbrística da eletrônica que remete ao papel estrutural de um pedal harmônico.

Já no trecho 3a o resultado sonoro é contrastante, mesmo apresentando uma organização similar do material instrumental (ver exemplo 1). Neste trecho os sons instrumentais e eletrônicos possuem importância equivalente na formação de um complexo bloco sonoro com alta taxa de variação no tempo. O material instrumental é caracterizado pelo efeito de alternância de seis multifônicos – o que é indicado, na partitura, pela expressão “em *randomizzato*”. A eletrônica é composta por PTR que empregam efeitos de transformação contínua dos sons instrumentais com alta taxa de variação da espacialização sonora.

(kleinere grifftechnische Ungenauigkeiten sind erlaubt, ja erwünscht) / (minor inaccuracies in the fingering are permitted, even desired)

Ex. 1 – Organização similar dos efeitos instrumentais nos trechos 1a (acima) e 3a (abaixo).

Ex. 2 – Conteúdo de alturas dos harmônicos duplos empregados nos trechos 2a (acima) e 2b (abaixo).

Um processo diferente de estruturação ocorre nos trechos 2a e 2b, em que os modos de interação *associativo* e *transformativo* são combinados, assim como os PTD e os PTR. Nestes trechos o material instrumental é baseado em multifônicos de harmônicos duplos (ver exemplo 2). Este efeito possui uma composição espectral mais simples, com duas alturas. A análise espectral

revela que os PTR têm uma função bastante específica nestes dois trechos: empregar um filtro nos harmônicos 98 (no trecho 2a) e 94 (no trecho 2b) que permite que apenas os componentes espectrais presentes nos harmônicos duplos executados no trecho soem nos processos eletrônicos. Este aspecto aponta para a predominância do modo de interação *transformativo*.

Por outro lado, a análise do perfil de *rugosidade* demonstra atributos condizentes com o modo de interação *associativo*. Devido ao processo de fusão do material instrumental e eletrônico, os atributos dos PTD empregados em ambos os trechos contribuem para esta convergência dos atributos espectrais e timbrísticos. Esse conjunto de fatores demonstra uma organização que concilia as características e funções dos modos de interação discutidas a partir dos trechos musicais abordados anteriormente, combinando os modos de interação *associativo* e *transformativo* e os PTD e PTR. Assim, o excerto 2 revela uma abordagem intermediária nos processos de interação e no uso da eletrônica, combinando as técnicas utilizadas nos excertos 1 e 3.

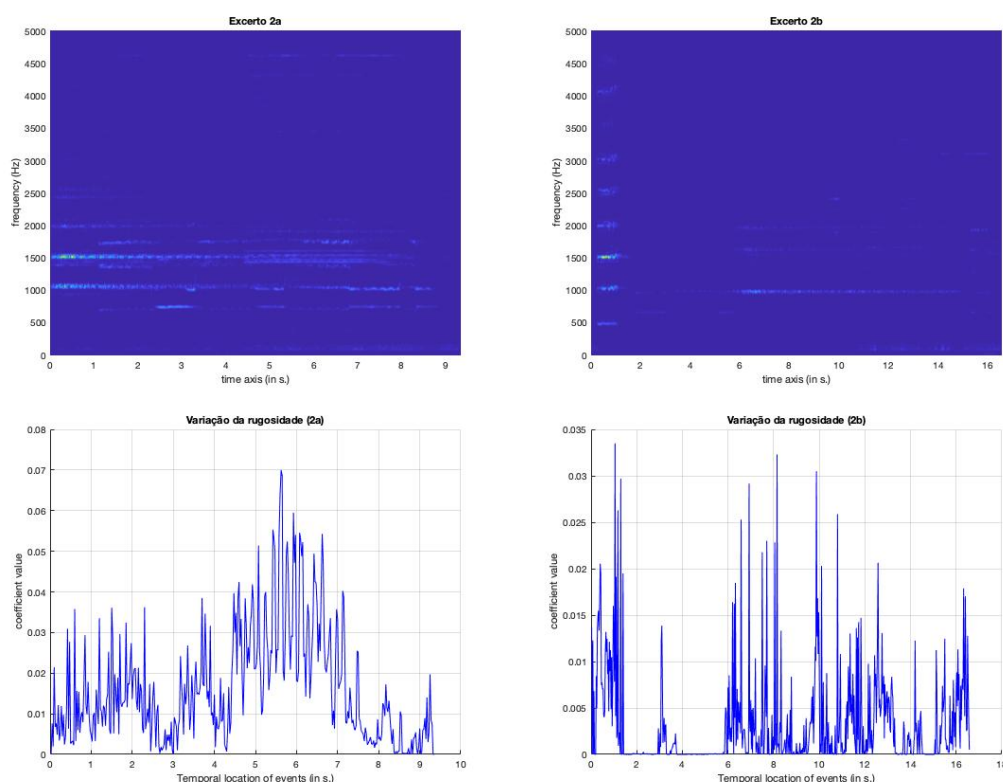


Fig. 5 – Variação temporal do espectro (acima) e da *rugosidade* (abaixo) nos excertos 2a e 2b.

6. Considerações finais

O estudo analítico indicou que o pensamento composicional de Mahnkopf em *W.A.S.T.E.* está estruturado a partir de organizações locais, cuja compreensão depende do estudo combinado do conjunto de processos técnicos, modos de interação e atributos sonoros do material instrumental e eletrônico. O conjunto de estratégias analíticas utilizado no estudo possibilitou a identificação de uma organização do discurso musical que não seria reconhecível a partir da análise isolada de estruturas notadas na partitura, dos processos técnicos, ou dos objetos sonoros da eletrônica.

Um aspecto importante relacionado à aproximação analítica empregada quanto ao tratamento dos dados obtidos por descritores está relacionado à necessidade de examinar tais dados de maneira complementar. De fato, essa abordagem nos permitiu elaborar uma análise que possibilitou contemplar diversos aspectos do fenômeno musical e inferir, inclusive, a funcionalidade composicional dos processos eletrônicos empregados na peça. Através do estudo dos dados dos três descritores foi possível reunir indícios importantes acerca dos aspectos paramétricos (alturas e organização espectral), formais (recorrência/contraste de materiais), interativos (emergência de novas sonoridades) e perceptivos (apreensão perceptiva dos processos anteriores).

É relevante notar, ademais, a necessidade crucial de se adequar a seleção de descritores ao objeto analisado e aos objetivos do estudo. Esta seleção é estratégica pois permite não apenas postular possíveis percursos para o processo investigativo como levantar questões bastante específicas relacionadas ao objeto de análise.

Por fim, o presente trabalho buscou demonstrar algumas possíveis aplicações dos descritores de áudio enquanto ferramenta analítica. Em especial, demonstramos como a aplicação de três destes processos de extração de dados correlacionados a atributos sonoros mais gerais permite buscar uma via intermediária à análise de música mista interativa que traz novas questões e possibilidades analíticas frente a outras vias de acesso a essas criações tais como a notação, a escuta metódica e a análise dos algoritmos/mecanismos de processamento e síntese empregados nesse repertório.

Referências

- BACHRATÁ, P. *Gesture Interaction in Music for Instruments and Electroacoustic Sounds*. Tese (Doutorado) — Aveiro, Universidade de Aveiro, 2010.
- BRENT, William. A timbre analysis and classification toolkit for pure data. In: *International Computer Music Conference*. New York: [s.n.], 2010.
- CADOZ, Claude. Musique, geste, technologie. In: VIVO, Hugues Genevois et Raphaël de (Ed.). *Les nouveaux gestes de la musique*. [S.l.]: Editions Parenthèses, 1999. p. 47–92.

- FARIA, Pedro Henrique de. *Aspectos técnicos e poéticos da música mista para sistemas interativos na atualidade: uma investigação analítica e criativa*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, 2019.
- LALITTE, Philippe. Towards a semiotic model of mixed music analysis. *Organised sound*, Cambridge University Press, v. 11, n. 2, p. 93–100, 2006.
- LARTILLOT, Olivier. *MIRToolbox 1.7 software user's manual*. Finland: Finnish Centre of Excellence in Interdisciplinary Music Research, University of Jyväskylä, 2017. <<http://www.jyu.fi/hytk/fi/laitokset/mutku/en/research/materials/mirtoolbox/manual1-7.pdf>>.
- LARTILLOT, Olivier; TOIVIAINEN, Petri. A matlab toolbox for musical feature extraction from audio. In: *International conference on digital audio effects*. Bordeaux: [s.n.], 2007. p. 237–244.
- MAHNKOPF, Claus-Steffen; VEALE, Peter; HAAS, Joachim. *Pynchon Cycle: W.A.S.T.E.* München: NEOS, 2011. 1 CD. Faixa 4 (18 min).
- MALT, Mikhail. Une proposition pour l'analyse des musiques électroacoustiques de Xenakis à partir de l'utilisation de descripteurs audio. In: SOLOMOS, Makis (Ed.). *Iannis Xenakis, La musique électroacoustique*. [S.l.]: L'Harmattan, 2015. p. 159–198.
- MALT, Mikhail; JOURDAN, Emmanuel. Zsa. descriptors: a library for real-time descriptors analysis. In: *5th Sound and Music Computing Conference*. Berlin: [s.n.], 2008. p. 134–137.
- MALT, Mikhail; JOURDAN, Emmanuel. Le “BSTD” – Une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore. In: *L'analyse musicale aujourd'hui*. [S.l.]: Delatour, 2015.
- MANZOLLI, Jônatas. Interpretação mediada: pontos de referência, modelos e processos criativos. *Revista Música Hodie*, v. 13, n. 1, 2013.
- MONTEIRO, Adriano Claro. *Criação e Performance Musical no Contexto dos Instrumentos Musicais Digitais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, 2012.
- MONTEIRO, Adriano Claro; MANZOLLI, Jônatas. Aplicação de descritores em sistema interativo para música mista. *Revista EIMAS*, 2010.
- ROSSETTI, Danilo; MANZOLLI, Jônatas. De montserrat às ressonâncias do piano: uma análise com descritores de áudio. *Revista Opus, versão online*, v. 23, n. 3, p. 193–221, 2017.
- ROSSETTI, Danilo; TEIXEIRA, William; MANZOLLI, Jônatas. Emergent timbre and extended techniques in live-electronic music: An analysis of desdobramentos do contínuo performed by audio descriptors. *Revista Música Hodie*, v. 18, n. 1, p. 16–30, 2018.
- SCHAEFFER, Pierre. *Traité des objets musicaux [treatise on musical objects]*. Paris: Editions du Seuil, 1966.
- SETHARES, William A. *Tuning, timbre, spectrum, scale*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2005.

SIMURRA, Ivan Eiji Yamauchi. *Contribuição ao problema da orquestração assistida por computador com suporte de descritores de áudio*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016.

SMALLEY, Denis. Spectromorphology: explaining sound-shapes. *Organised sound*, Cambridge University Press, v. 2, n. 2, p. 107–126, 1997.

VEALE, Peter et al. *The techniques of oboe playing: a compendium with additional remarks on the whole oboe family*. [S.l.]: Bärenreiter, 1994.

WANDERLEY, Marcelo Mortensen. *Les nouveaux gestes de la musique*. Paris: IRCAM. Relatório técnico: Equipe Analyse/Synthèse, 1997.

WISHART, Trevor. *On sonic art*. [S.l.]: Routledge, 1996.

Pedro Henrique de Faria é Bacharel em Música (Trombone, 2010 e Composição, 2013) e Mestre (Composição, 2019) pela Universidade Estadual de Campinas, sob orientação do Prof. Dr. José Henrique Padovani e coorientação do Prof. Dr. Jônatas Manzolli. phf.bassclef@gmail.com

José Henrique Padovani é compositor e pesquisador nos campos da Sonologia, Composição e Teoria/Análise Musical. Atualmente é Professor Adjunto na Escola de Música da UFMG e atua como professor/pesquisador nos Programas de Pós-Graduação da Escola de Música da UFMG e do Instituto de Artes da Unicamp. É membro do Grupo de Pesquisa em Sistemas Musicais Interativos da UFMG (LaPIS) e dirige, atualmente, o Centro de Pesquisa em Música Contemporânea, da Escola de Música da UFMG. Mais informações em: <http://josehenriquepadovani.com>. jhp@ufmg.br