

Guilherme Rafael Soares

# **Luteria Composicional de algoritmos pós-tonais**

**10 de julho de 2014, v0.6-Qualificação**



Guilherme Rafael Soares

## **Luteria Composicional de algoritmos pós-tonais**

Prévia da dissertação para a banca de qualificação para o Mestrado em Arte, Cultura e Linguagens do IAD-UFJF.

UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora

Instituto de Artes e Design

Programa de Pós-Graduação em Artes, Cultura e Linguagens

Orientador: Prof. Dr. Daniel Quaranta

10 de julho de 2014, v0.6-Qualificação

---

Guilherme Rafael Soares

Luteria Composicional de algoritmos pós-tonais / Guilherme Rafael Soares. – ,  
10 de julho de 2014, v0.6-Qualificação-  
50 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Quaranta

Tese (Mestrado) – UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora

Instituto de Artes e Design

Programa de Pós-Graduação em Artes, Cultura e Linguagens, 10 de julho de 2014,  
v0.6-Qualificação.

1. Palavra-chave1. 2. Palavra-chave2. I. Orientador: Prof. Dr. Daniel Quaranta  
II. UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora. III. Instituto de Artes e Design  
IV. Luteria Composicional de algoritmos pós-tonais

CDU 02:141:005.7

---

Guilherme Rafael Soares

## **Luteria Composicional de algoritmos pós-tonais**

Prévia da dissertação para a banca de qualificação para o Mestrado em Arte, Cultura e Linguagens do IAD-UFJF.

Trabalho aprovado , 13 de fevereiro de 2015:

---

**Prof. Dr. Daniel Quaranta**  
Orientador

---

**Professor**  
Convidado 1

---

**Professor**  
Convidado 2

10 de julho de 2014, v0.6-Qualificação



# Resumo

Esta pesquisa visa problematizar e sistematizar um catálogo de experimentos constituído de pequenas peças musicais e seus algoritmos geradores, objetivando a construção de uma biblioteca de objetos para composição assistida por computador que gere partituras baseadas em regras quantitativas extraídas de análises musicais.

Formalizamos tais aspectos através de um estudo comparado de dois paradigmas de análise musical: "*A Teoria Gerativa da Música Tonal*" (LERDAHL; JACKENDOFF, 1983) com algumas de suas continuidades (LERDAHL, 2009; TEMPERLEY, 2001) e a "*Teoria de grupos das classes de alturas*" (ou "*Pitch Class Set Theory*") (FORTE, 1973; STRAUS, 2004).

Os procedimentos são demonstrados a partir de aspectos singulares de algumas peças da suíte Mikrokosmos do compositor Béla Bartók, gerando composições algorítmicas a partir das regras observadas. Este repertório foi escolhido devido a seu reconhecido contexto como composições pianísticas e pedagógicas situadas nas fronteiras da pós-tonalidade.

Apontamos as limitações encontradas na aplicação dos paradigmas analíticos adotados aqui no contexto da suíte de peças escolhidas e suas derivações composicionais.

Detalhamos questões computacionais para esta implementação e deixamos um legado de código aberto para continuidades possíveis deste trabalho.

**Palavras-chaves:** Música algorítmica. Pós-tonalismo. Teoria dos conjuntos. Pitch class theory. Luteria. Composição assistida por computador. Cibernética. Software livre. Cognição musical. Teoria Gerativa da Música Tonal. Mikrokosmos. Arte Sonora.





# Lista de ilustrações

Figura 1 – Os três eixos das transposições possíveis para a rotação "subdominante-tônica-dominante". . . . .	23
Figura 2 – Sistema de Eixos - Rotação entre primário e secundário . . . . .	24
Figura 3 – O plano melódico do motivo inicial de <i>"Sonata para dois pianos e Percussão"</i> parece ser o de fechar o total cromático com a transposição paralela da melodia nos dois pólos . . . . .	25
Figura 4 – Possível estratégia composicional em nível melódico do motivo inicial de <i>"Sonata para dois pianos e Percussão"</i> . . . . .	26
Figura 5 – Primeiro estágio: cadencial . . . . .	27
Figura 6 – Segundo estágio: modulação pela relativa . . . . .	27
Figura 7 – Terceiro estágio: modulação pela relativa com ambiguidade maior-menor em um dos polos . . . . .	27
Figura 8 – Quarto estágio: simultaneidade do modos maior-menor permite o jogo de modulações por todos os polos do eixo . . . . .	28
Figura 9 – Ciclos Intervalares observado por Antokoletz (1984) - na vertical temos as sequencias (de baixo para cima as distâncias mais curtas e de baixo pra cima suas inversões mais longas). Na horizontal temos em cada coluna da tabela os grupos de transposições possíveis: . . . . .	30



# Lista de abreviaturas e siglas

GTMM	<i>Generative Theory of Tonal Music</i> <sup>1</sup>
TPS	<i>Tonal Pitch Space</i> <sup>2</sup>
CBMS	<i>Cognition of Basic Musical Structures</i> <sup>3</sup>
OM	<i>Open Music</i> <sup>4</sup>
PD	<i>Pure Data</i> <sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> "Teoria Gerativa da Música Tonal"(LERDAHL; JACKENDOFF, 1983)

<sup>2</sup> "Espaço das Alturas Tonais"(LERDAHL, 1988)

<sup>3</sup> "Cognição das Estruturas Musicais Básicas"(TEMPERLEY, 2001)

<sup>4</sup> <<http://repmus.ircam.fr/openmusic/home>>. Acessado em 10 de julho de 2014.

<sup>5</sup> <<http://puredata.info>>. Acessado em 10 de julho de 2014.



# Sumário

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>I</b>	<b>PERCURSO PELA ANALISE MUSICAL</b>	<b>17</b>
<b>1</b>	<b>PERCURSO PELA ANALISE MUSICAL</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Análise musical para regras gerativas</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>1.2</b>	<b>Musicologia Assistida por computador</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>APONTAMENTOS BARTOKIANOS</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama básico sobre análise bartokiana</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistema de Eixos de Lendvai</b> . . . . .	<b>22</b>
2.2.1	Afinidades funcionais entre quarto e quinto graus . . . . .	23
2.2.2	A elaboração de uma sonoridade mista maior-menor . . . . .	27
2.2.3	Especificidades da coleção acústica (overtone) . . . . .	28
2.2.4	Expectativas de grau sensível . . . . .	29
2.2.5	Tensões contrapostas de subdominante e dominante . . . . .	29
2.2.6	Dualidade entre os princípios de tonalidade e distância . . . . .	29
2.2.7	Geometria da Macro-forma com analogias na Micro-forma . . . . .	29
2.2.7.1	Secção Áurea . . . . .	29
2.2.7.2	Fibonacci . . . . .	29
2.2.8	Críticas ao modelo de Lendvai . . . . .	29
<b>2.3</b>	<b>Células de Alturas em Antokoletz</b> . . . . .	<b>29</b>
2.3.1	Ciclos Intervalares . . . . .	30
2.3.2	Modalismo e estratégias rotacionais . . . . .	30
<b>2.4</b>	<b>Simetria Inversiva</b> . . . . .	<b>31</b>
2.4.1	Simetria Literal . . . . .	31
<b>2.5</b>	<b>Coleções referenciais ordenadas por conjuntos de classes de altura</b> .	<b>33</b>
2.5.1	Octatonismo e suas partições . . . . .	33
<b>2.6</b>	<b>Harmonização dos Modos Folclóricos</b> . . . . .	<b>33</b>
2.6.1	Limites e ideias a partir de análise tonal funcional . . . . .	34
2.6.2	Acompanhamento e textura . . . . .	34
2.6.3	Centricidade por Equilíbrio Inversivo . . . . .	34
<b>II</b>	<b>FORMALIZAÇÕES COMPUTACIONAIS</b>	<b>37</b>
<b>2.7</b>	<b>Análise de Corpus</b> . . . . .	<b>39</b>

2.7.1	Formatos de entrada . . . . .	39
<b>2.8</b>	<b>Music21 . . . . .</b>	<b>39</b>
2.8.1	Stream . . . . .	40
2.8.2	Notas, Acordes e nomenclaturas . . . . .	40
2.8.3	Prolongamentos e inferência de tonalidade . . . . .	40
2.8.4	Key Profiles . . . . .	40
2.8.5	Escalas e Modalismo . . . . .	40
2.8.6	Contorno melodico . . . . .	40
2.8.7	Metrica composta . . . . .	40
2.8.8	Acento Melodico . . . . .	40
2.8.9	Busca e extração de padroes . . . . .	40
<b>2.9</b>	<b>OpenMusic . . . . .</b>	<b>40</b>
2.9.1	Visualização das classes de altura . . . . .	40
2.9.2	Manipulação de Conjuntos e suas nomenclaturas . . . . .	40
2.9.3	"Sieves" de ciclos intervalares . . . . .	40
2.9.4	Segmentação Monitorada . . . . .	40
<b>2.10</b>	<b>Especialidade da automação versus especialidade do analista . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>3</b>	<b>COMPOSIÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>Cliches generativos partituraveis . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.2</b>	<b>Formatos de saída . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>Tecnicas em Music21 . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.4</b>	<b>Experimentos em outras linguagens de CAC . . . . .</b>	<b>41</b>
3.4.1	Tecnicas em OpenMusic . . . . .	41
3.4.2	Problematizações em PureData . . . . .	41
<b>3.5</b>	<b>Probabilidade e Combinatória . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>III</b>	<b>EXPERIMENTOS GENERATIVOS . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>COSMOBAGATELLAS . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>LASTROS E RUMOS . . . . .</b>	<b>47</b>
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>49</b>

Este trabalho inicia-se com





# Introdução

lalalala



## Parte I

### Percurso pela Analise Musical



# 1 Percurso pela Analise Musical

Prioridade na descrição de métodos da biblioteca music21

Opção por Python <http://spectrum.ieee.org/computing/software/top-10-programming-languages>

## 1.1 Análise musical para regras gerativas

dfdkjsfsk

## 1.2 Musicologia Assistida por computador



## 2 Apontamentos Bartokianos

### 2.1 Panorama básico sobre análise bartokiana

Malcom Gillies propõe em seu artigo "*Bartók Analysis and Authenticity*" (GILLIES, 1995) um panorama dos problemas e lugares comum nas análises de Bartók, apontando alguns critérios para o que poderiam ao menos garantir a "*autenticidade*" entre as diversas correntes analíticas encontradas até então, já que estas são tão diversas que podem facilmente fechar-se em suas próprias contradições.

Gillies inicia a reflexão destacando o notável desafio em argumentarmos qualquer esboço totalizante que sustente a unidade entre os níveis das "*micro*" e "*macro*" estruturas extraídas da vasta gama de análises disponíveis sobre Bartók até aquele momento.

As "*micro*" estruturas seriam as destacadas com apontamentos de interações entre ciclos e simetrias intervalares, pelas estratégias polimodais que libertam as melodias do tonalismo e criam temas que tornam-se por transposição complementarmente um total cromático, e em geral quaisquer relações que definam contextos que dão uma identidade de sonoridade a fragmentos ainda descontextualizados de uma suposta função num todo.

As "*macro*" estruturas seriam planos gerais que sejam definidos pelas estruturas notáveis de obras inteiras ou conjuntos de obras como unidade - por exemplo questões sobre o encadeamento de secções por alguma estrutura de prolongamento de expectativa, localização de alguma sugestão ambígua de tonalidade e modalismo nos encadeamentos dos grandes blocos, medidas gerais de um plano de equilíbrio das partes com eixos geométricos inspirados na secção áurea ou mesmo a referência a formas mais tradicionais como a sonata.

Gilles propõe antes de tudo, para ater-se a uma questão primordial sobre o que pode ser definido como consenso e o que pode ser considerado idiossincrático, a seguinte classificação por uma diferença de abordagem das análises: *análises "autênticas"*, *"semi-autênticas"* ou *"não-autênticas"*, sem que nisso haja algum sentido depreciativo, mas apenas como critério para entender que este território pode ir de um historicismo de lastro documentado até alguma teoria mais inventiva e sem necessidade de comprovação da consciência do compositor sobre estes aspectos, uma teoria comprometida mais com a inspiração de processos criativos derivados.

A "**autenticidade**" seria sobretudo definida por critérios de alguma formalização sustentada por vestígios deixados pelo próprio Bartók, como na compilação *"Bela Bartók Essays"* (BARTÓK; SUCHOFF, 1993). Considera também nesta categoria as pesquisas que a partir dos registros da pesquisa etnomusicológica de Bartók busca fontes originais de estudos dos aspectos folk de seu trabalho. Entram aqui também as análises que tomam em consideração as performances registradas em áudio que foram executadas pelo próprio Bartók ou supervisionadas por ele, para destacar aspectos complementares aos escritos e partituras originais.

Uma "**semi-autenticidade**" seria definida a partir de analogias entre influências de outros compositores ou contextos de gênero presentes na obra de Bartók, como por exemplo discurso sobre a influência do drama em sua ópera ou a localização de traços ou citações paródicas por influência de outros compositores em suas peças. Dada autenticidade da analogia portanto, a preocupação com a legitimidade ficaria deslocada para aspectos externos a obra de Bartók.

Já a "**não-autenticidade**" comportaria os estudos da música de Bartók como fonte para apontamentos arbitrários para demonstrações de harmonia funcional, contraponto, análise shenkeriana ou análise pós-tonal por grupos de classes de alturas. Gillies situa também aqui algumas análises de Bartók que tomam caminhos mais especulativos e originais como as análises de proporção geométrica e simetria propostas por Ernő Lendvai (1971) ou o escrutínio de relações celulares e suas transformações entre ciclos intervalares, rotações motivicas, coleções modais ou não-diatônicas presentes em trabalhos como o de Elliot Antokoletz (1984).

Em nossa pequena amostra de abordagens seguimos muito mais por este percurso mais descontextualizado e autoral de analistas que destacaram alguns traços estruturais na música de Bartók e seus Mikrokosmos. Não temos ainda a ambição de esgotar ou mesmo de argumentar uma hierarquia de importâncias "autênticas" destes traços em sua obra como um todo ou na consistência geral de seu estilo. Nossa intenção aqui foi apontar limites e possibilidades para uma automação algorítmica de manipulação de transformações sugeridas nestas análises e abrir caminho para uma música generativa inspirada nestes procedimentos.

## 2.2 Sistema de Eixos de Lendvai

Ernő Lendvai (1971, p. 08) organiza uma visão geral de uma transformação de conceitos de harmonia tonal funcional pelo prisma do que chama de "*sistema de eixos*"<sup>1</sup> de Bartók.

---

<sup>1</sup> axis system



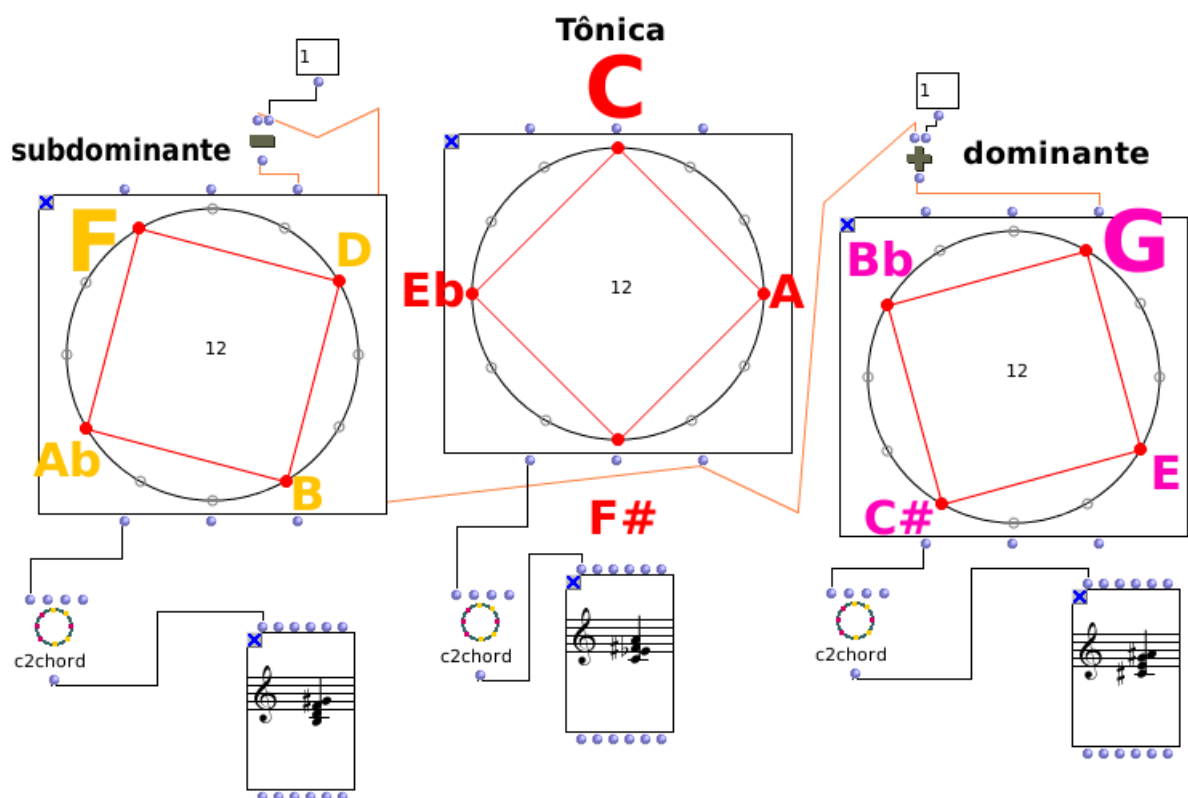
Estes apontamentos são organizados a partir de seis pontos chave: **a)** *Afinidades funcionais entre quarto e quinto graus*, **b)** *A relação relativa entre grau maior e menor*, **c)** *as especificidades da coleção acústica (overtone)*, **d)** *os papéis das notas sensíveis*, **e)** *das tensões contrapostas de subdominante e dominante*, **f)** *a dualidade entre os princípios de tonalidade e distância*.

### 2.2.1 Afinidades funcionais entre quarto e quinto graus

Partindo da consideração do ciclo das quintas como um esquema rotativo de transformação que possui as forças *subdominante* <-tonica-> *dominante* em cada um dos passos de 30 graus, lembremos que girando da *esquerda para direita* temos sempre uma relação onde a *dominante como nova tônica* terá a *tônica anterior como subdominante* e girando da *direita a esquerda* teremos uma nova tônica que possui a *tônica anterior como dominante*.

Lendvai (1971, p.3) propõe a partir disso a observação do uso das relações entre os quatro pólos dos três eixos possíveis de transposição que agrupam as doze alturas cromáticas em três eixos de quatro notas.

Figura 1 – Os três eixos das transposições possíveis para a rotação "subdominante-tônica-dominante".



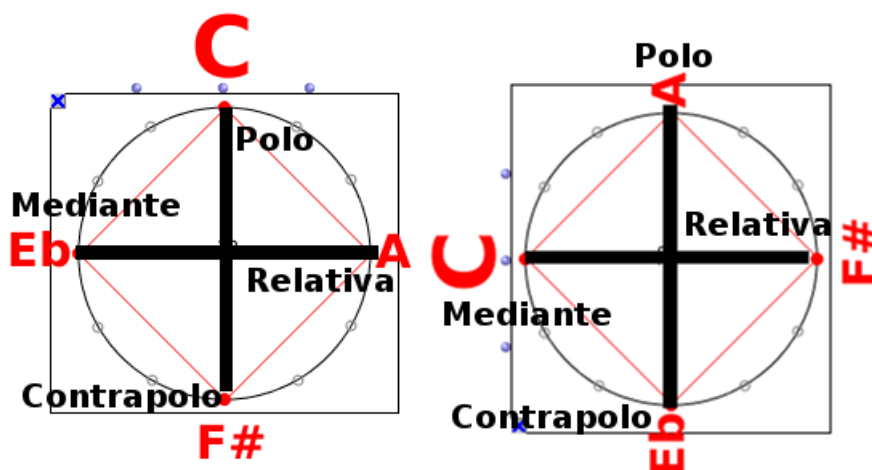
Lendvai chama de "*polo e contrapolo*" a relação entre os trítonos nas duas extremidades (que chama de "eixo primário") e observa que o eixo perpendicular (ou "eixo secundário") possui também sua relação de "*polo e contrapolo*" entre o que seriam a relativa e a mediante de uma tônica pelo ciclo de quintas.

A relação entre este "**sistema de eixos**" portanto pode ser a de analogia ao movimento de passo "*subdominante ↔ tônica ↔ dominante*" onde movíamos por passos de 30 graus pelo ciclo de quintas original.

A diferença é que neste caso a relação mais importante entre as notas do eixo não seria exatamente por um critério baseado na busca de notas comuns de acordes para servirem de pivôs para resoluções tonais ou da busca por notas sensíveis para a solução de dissonâncias por grau conjunto mas uma questão de "**parentesco rotacional**" das sonoridades dos intervalos que giram de 90 em 90 graus dividindo simetricamente o total cromático numa soma de quatro intervalos de três semitons.

As três transposições possíveis dos eixos de quatro notas tornam a transformação de "*transposição do sistema de eixos*" **geometricamente** similar ao movimento "*subdominante ↔ tônica ↔ dominante*" mas nem sempre pelos mesmos critérios de uma harmonia tonal funcional, apesar de obviamente, poder servir-se deste como estratégia de construção de ambiguidades politonais.

Figura 2 – Sistema de Eixos - Rotacão entre primário e secundário

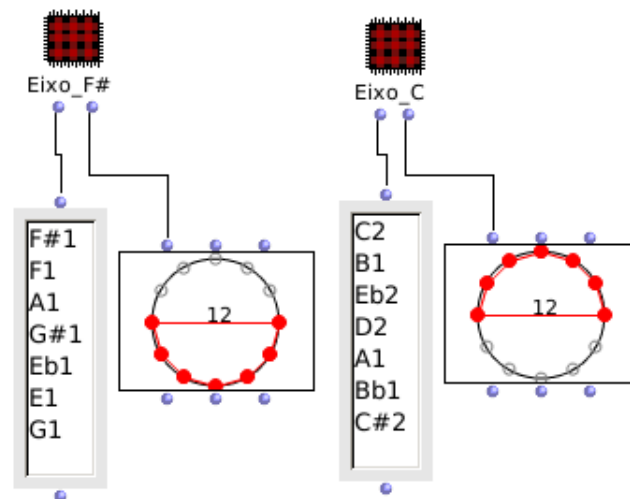


Fonte: autor

Lendvai toma este conceito de "polo e contrapolo" como "*uma das estratégias estruturais mais fundamentais na música de Béla Bartók*" (LENDVAI, 1971, p.04) e cita alguns exemplos que confirmam que este tipo de modulação era recorrente.

Na *"Sonata para dois pianos e Percussão"* o motivo inicial é transposto três vezes com duas vozes em sua relação de trítone *"polo e contrapolo"* e nestas três entradas consecutivas deste motivo é apresentando com as três transposições possíveis do *"sistema de eixos"*, numa relação que pode ser observada como esta analogia com o pêndulo *"subdominante<-tônica>dominante"*: inicia com a relação motívica destacando a relação  $C \leftrightarrow F\#$  (compassos 2-5) em seguida (compasso 8) entra o eixo de  $G \leftrightarrow Db$  (como se G surgisse de uma relação dominante com C e Db numa simultânea relação dominante com  $F\#$ ) e nos compassos 12-17 a entrada do jogo entre as transposições  $D \leftrightarrow Ab$  como se agora introduzisse a *"dominante da dominante"* ( $G \leftrightarrow D$  e  $Db \leftrightarrow Ab$ ) ao mesmo tempo que move-se assim para o último dos três eixos.

Figura 3 – O plano melódico do motivo inicial de *"Sonata para dois pianos e Percussão"* parece ser o de fechar o total cromático com a transposição paralela da melodia nos dois pólos



Fonte: autor

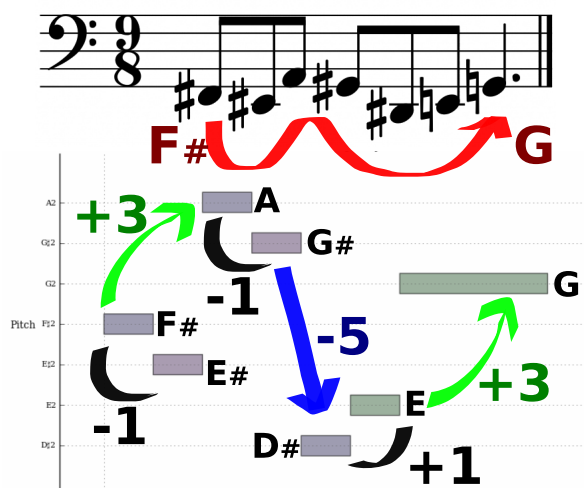
Podemos observar (Figura 3) que já dentro do motivo inicial temos uma estratégia de entrada de uma coleção de 7 notas a partir de um polo e mais 7 a partir do seu contrapolo em sua voz de resposta - as duas vozes juntas dividem o total cromático em dois, tendo como notas comuns as notas do eixo secundário (a mediantes e a relativa - no caso de  $F\#$  e C por exemplo, as notas comuns são A e Eb ).

É possível também inferir que a melodia sugere um giro em torno de um eixo que prolonga a expectativa do passo cromático  $F\# \rightarrow G$  (e assim por diante em suas transposições). O contorno possui uma simetria no núcleo interno de intervalos com um segmento onde há um salto por quinta invertida no meio de duas células de passo cromático que estão distantes do início e do fim da melodia por um salto de 3 semitons (Figura 4).

Esta estratégia composicional com simetrias internas<sup>2</sup> recorrentes em Bartók por rotações de "células intervalares"(SUSANNI; ANTOKOLETZ, 2012, p.128) serão comentadas mais adiante em mais detalhes.

Lembremos também que as transposições em 3 semitons sugerem esta equivalência de sonoridade das transposições pelo mesmo sistema de eixos usado nas transposições da melodia completa e que o salto em quinta invertida no meio do segmento remete ao ciclo de dominantes tradicionalmente usado para modulações tonais.

Figura 4 – Possível estratégia composicional em nível melódico do motivo inicial de *"Sonata para dois pianos e Percussão"*



Fonte: autor

Lendvai (1971, p.4) também lembra situações onde a estratégia de rotação dos polos do sistema de eixos é a conexão entre os movimentos de formas completas, como na opera *"Castelo de Barba Azul"* ( $F\# \leftrightarrow C \leftrightarrow F\#$ ) e na *"Music for Strings, Percussion and Celesta"* (que altera cada movimento entre os pólos e contrapólos dos eixos primário  $F\# \leftrightarrow C \leftrightarrow F\#$  e secundário  $A\# \leftrightarrow E\flat \leftrightarrow A\#$ ).

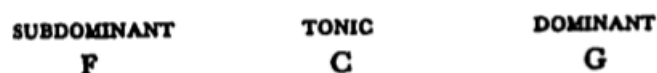
<sup>2</sup> C.f. "Eixo de Inversão"(STRAUS, 2004, p.121)

### 2.2.2 A elaboração de uma sonoridade mista maior-menor

Lendvai (1971, p.08) elabora sobre a assimilação do "sistema de eixos" na música ocidental como uma evolução natural da harmonia funcional:

a) O ciclo de dominantes inicia como um sistema de eixos de cadência onde as regiões vizinhas aparecem apenas como função dominante e subdominante sem modulação para outras tonalidades.

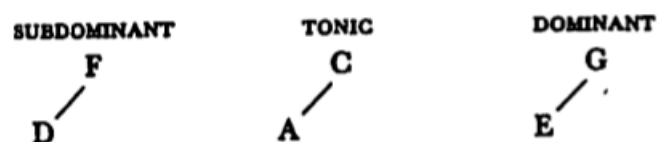
Figura 5 – Primeiro estágio: cadencial



Fonte: autor

b) O próximo passo é a introdução do eixo da tonalidade relativa (90 graus à esquerda do ponto da tonalidade). A modulação de tonalidade é induzida pela similaridade entre duas regiões diatônicas maiores e menores. Exemplo: Lá menor como relativa de Dó maior e vice-versa.

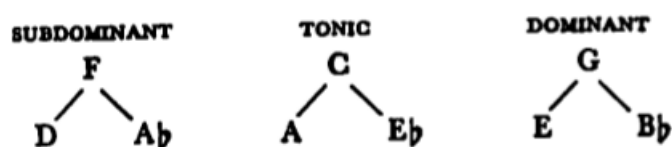
Figura 6 – Segundo estágio: modulação pela relativa



Fonte: autor

c) No estágio mais avançado do romantismo é introduzido o jogo de ambiguidade entre a tonalidade maior e menor de um mesmo polo permitindo que haja a estratégia de modulação pelo sistema de eixos tanto para 90 graus a esquerda (Ex: Lá menor e Dó maior) quanto 90 graus a direita (Ex: Dó menor e Mi bemol maior ).

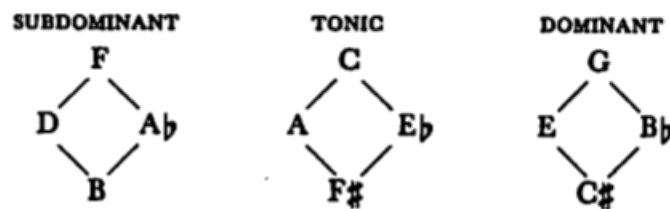
Figura 7 – Terceiro estágio: modulação pela relativa com ambiguidade maior-menor em um dos polos



Fonte: autor

d) Finalmente no último estágio onde é introduzida a politonalidade temos a assimilação da nota que está a 180 graus do polo (relação polo e contrapolo) pela sonoridade almejada de um modo misto "maior-menor" e quaisquer um dos pontos, desta maneira um giro completo como *Dó maior – menor*  $\leftrightarrow$  *Lá maior – menor*  $\leftrightarrow$  *Fá sustenido maior – menor*  $\leftrightarrow$  *Mi bemol maior – menor*  $\leftrightarrow$  *Dó maior – menor* introduz a vertigem de uma sensação de há uma teia de tonalidades simultâneas operando as expectativas de relações entre diferentes eixos.

Figura 8 – Quarto estágio: simultaneidade do modos maior-menor permite o jogo de modulações por todos os polos do eixo



Fonte: autor

### 2.2.3 Especificidades da coleção acústica (overtone)

C1, C2, G2, C3, E3, G3, B $\flat$ 3, C4, D4, E4, F $\sharp$  4, G4, A4, B $\flat$ 4, B4, C5

Uso de overtones com função dominante

Polymode Lydian-Mixolydian ([SUCHOFF, 2004](#))

reflexo de imitação - mikro 29

A peça de número 29, chamada de Reflexo de Imitação divide um aspecto comum a todas as peças iniciais: a composição baseada em pentacordes associados a um dedilhado que utiliza os cinco dedos de cada mão. Dessa forma, temos na mão direita o pentacorde diatônico E- F $\sharp$  -G $\sharp$  -A-B e na mão esquerda, outro pentacorde diatônico, o A-B-C-D-E. Ambos pertencem a mesma classe de conjuntos 5-27 (02357) e se relacionam por transposição e inversão (T 8 I). A textura polifônica e a imitação das vozes em movimento Reflexo em Imitação Béla Bartók contrário evidenciam essa relação. (rodrigo-coleção acústica - "compressão intervalar")

comparação entre mkro 29 e 141 ... uso de terminologias de forte ([TYMOCZKO, 2011](#), p. 126)

### 2.2.4 Expectativas de grau sensível

Substituição da cadência G7 -> C maior pela possibilidade G7->F# maior-menor (desenhar as setas)

### 2.2.5 Tensões contrapostas de subdominante e dominante

.  
...

### 2.2.6 Dualidade entre os princípios de tonalidade e distância

Triade aumentada C - E - Ab -> "surgindo" da mudança de função "subdominante-tonica-dominante" por uma rotação dos eixos laterais: (de G pra E e de F para Ab )

.

### 2.2.7 Geometria da Macro-forma com analogias na Micro-forma

#### 2.2.7.1 Secção Áurea

#### 2.2.7.2 Fibonacci

### 2.2.8 Críticas ao modelo de Lendvai

## 2.3 Células de Alturas em Antokoletz

Elliot Antokoletz fundamenta boa parte de sua argumentação em seu livro *"The music of Béla Bartók: a study of tonality and progression in twentieth-century music."* (ANTOKOLETZ, 1984) em torno da ideia de subdivisão da oitava em um complexo de ciclos intervalares rotacionados. Ele insiste por vários ângulos em destacar algumas propriedades da simetria intervalar nas permutações de algumas sequencias recorrentes nas obras do compositor e teoriza sobre a possibilidade de que houvesse uma estratégia de construções transformacionais motivicas destes grupos de intervalos que chama células X, Y e Z. A nomenclatura de sua preferencia - "célula de alturas" (*"pitch cell"*) - é inspirada nos argumentos sobre transformações de grupos motivicos em composição serial proposto por George Perle (1981). As definições das células X,Y e Z derivam dos estudos bartokianos de Perle (1955) e Leo Treitler (1959).

A definição de célula X é baseada em um tetracorde cromático de semitons em sequencia, o que poderia também lembrar o conjunto de Allen Forte de cardinalidade |4-1| - aquele que tem um sua forma normal a sequencia de classes de altura (0,1,2,3). No entanto é bom lembrar que este conceito de células de altura trabalha com uma medida

de "intervalo literal- estão muitas vezes levando em consideração simetrias intervalares que podem estar ocorrendo entre duas oitavas complementares, portanto não são sonoridades agrupadas independentes de âmbito.

A definição de célula Y deriva de uma sequência em tons inteiros

c.f. "Pitch Cells"([SUSANNI; ANTOKOLETZ, 2012](#), p.130)

### 2.3.1 Ciclos Intervalares

Figura 9 – Ciclos Intervalares observado por [Antokoletz \(1984\)](#) - na vertical temos as sequências (de baixo para cima as distâncias mais curtas e de baixo pra cima suas inversões mais longas). Na horizontal temos em cada coluna da tabela os grupos de transposições possíveis:

0/12	1/11	2/10	3/9	4/8	5/7	6/6
C	C				C	
C	B				E#	
C	Bb				A#	
C	A				D#	
C	G#				G#	
C	G				C#	
C	F#	C C#			F#	
C	F	A# B			B	
C	E	G# A	C C# D		E	
C	Eb	F# G	A Bb B	C C# D Eb	A	
C	D	E F	F# G G#	G# A A# B	D	C C# D Eb E F
C	C#	D D#	Eb E F	E F F# G	G	F# G G# A A# C#
C	C	C C#	C C# D	C C# D Eb	C	C C# D Eb E F

Fonte: ([SUSANNI; ANTOKOLETZ, 2012](#))

### 2.3.2 Modalismo e estratégias rotacionais

([SUSANNI; ANTOKOLETZ, 2012](#))

tb polimodalismo em ([SUCHOFF, 2004](#))



## 2.4 Simetria Inversiva

### 2.4.1 Simetria Literal

George Perle, apesar de também ter sido um entusiasta dos apontamentos motivicos em Bartók, alerta para o problema da definição de uma forma de macroestrutura não ser suficientemente determinada por estes achados de estratégias internas de construções simétricas:

Impressive as these procedures are, it must be observed that Bartók's symmetrical formations are only an incidental aspect of his total compositional means. Even in those few works where they perform a significant structural role they do not ultimately define the context, which is determined instead by a curious amalgam of various elements.. Can symmetrical formations generate a total musical structure, as triadic relations have done traditionally? The implications of Bartók's work in this, as in other aspects, remain problematical.

Como proposta para entender coerências macroestruturais para as simetrias na música de Bartók, Joseph Bernard (1986) propõe a observação do que chama "*simetria literal*" destacando a estratégia composicional por uma conjunção de simetrias intervalares que podem espalhar-se por todo âmbito de oitavas usado numa composição.

Funciona como um agregado sonoro que cria uma expectativa de equidistância de uma nota central em um grupo de intervalos - seja uma sequencia de notas em forma melódica ou um cluster vertical.

Por exemplo: Db3, C4, B4 possuem entre si as distancias [-11, 0, 11] se considerarmos o C4 como um centro, mas se usarmos o mesmo agrupamento dentro de uma única oitava Db4-C4-B4 teremos as distâncias [-1, 0, 11] onde apesar de podermos considerar os intervalos [1,11] inversivamente equivalentes por inversão<sup>3</sup> não teremos esta sonoridade de equidistância dentro de um eixo de 22 semitons, que funcionaria como um eixo estratégico na composição dos jogos simétricos de um peça que use a simetria literal.

Bernard localiza no ensaio "Problems of New Music" do proprio Bartók com o nome de "*simetria em espelho*".

figuras da (BERNARD, 1986, p. 187)

Bernard (1986, p. 189) localiza um exemplo aplicado no Concerto n.2 para piano e Orquestra de Bartok uma estrutura de construção de simetrias por alternancia de tons e semitons ao longo de um registro que vai de F4 descendo a C0 nos 5 primeiros compassos e de C5 a Eb0 nos compassos de 6 a 8.

A peça Mikrokosmos n.141 já sugere o procedimento no próprio título "Sujeito e Reflexão".

---

<sup>3</sup> Com base nas "teorias de grupos das classes de altura".

The piece consists of a series of short sections, each of which is symmetrical about a single pitch or a pair of pitches one or more octaves apart. (BERNARD, 1986, p. 187)

Closely related to parallel and mirror symmetry respectively are replication and inversion. The only difference is that replication and inversion are better suited to describing order of events, in which a given configuration may be said to give rise to another. (BERNARD, 1986, p. 190)

simetria por eixo em sonata para 2 pianos (BERNARD, 1986, p. 195-198)

"simetria inversiva combinação transposicional" (COHN, 1988)

One senses in Bartók's total output an all-encompassing system of pitch-relations. The present study is intended to demonstrate that Bartók's music is indeed based on such a system.... Pitch relations in Bartók's music are primarily based on the principle of equal subdivisions of the octave into the total complex of interval cycles. The fundamental concept underlying system is that of symmetry.

Bartók clearly favored the fifteen inversionally symmetric tetrachord-classes, in particular those thirteen which are capable of being realized as symmetric four note pitch-sets. (The two exceptions are 4-6 [0127] and 4-24 [0248].) The thirteen include 4-1 [0123], 4-21 [0246], and 4-9 [0167], which figure prominently in the writings of Perle and Antokoletz, where they are called X, Y, and Z cells; 4-17 [0347], Lendvai's "gamma" chord; 4-11 [0134] and 4-10 [0235], the half-octatonic tetrachords discussed by Berry.

Example 2a brackets two versions of the four-note motive found in bb. 1-3 of Bartók's *Mikrokosmos*, Vol. IV, no. 94, 'From the Island of Bali'. The first of these motives outlines a descent with the interval succession 1 / 5/1. This motive - which itself represents a symmetrical structure in pitch space - forms the basis for a series of motivic transformations that propel the piece forward. In b. 2, the motive turns upside down, increasing the range of the composition and adding several new pitches. Taken together, the two pitch collections in bb. 1 and 2 form a one-octave octatonic scale. This symmetrical scale, shown in Ex. 2b, projects a 1/2 interval series above and below C#, the axis of inversion. As the piece continues, the motive begins to degenerate through truncation and reordering, as shown in Ex. 2c. The degeneration of the motive also has the effect of dissolving the symmetry of the pitch collection. Symmetry is restored in b. 12 where the complete motive and its inversion return. The piece ends with the symmetrical collection shown in Ex. 2d. This collection is also drawn from the octatonic scale, but occupies a broader region in pitch space. Here, the notes of the opening 1 / 5 / 1 gesture are presented as chords, helping to highlight the intervallic symmetry of the collection.

(bartokcrumbmikro.pdf)

## 2.5 Coleções referenciais ordenadas por conjuntos de classes de altura

### 2.5.1 Octatonismo e suas partições

([COHN, 1991](#))

## 2.6 Harmonização dos Modos Folclóricos

A harmonização bartokiana em muitos casos é desamarrada das cadências tonais pela intenção de destacar a sensação modal ou pentatônica das melodias. Esta foi também uma estratégia para criar harmonizações onde as tríades maior e menor são usadas de modo ambíguo, simultâneo e que facilitam o uso do total cromático. Também ao evitar a sensível surge a preferência do uso de intervalo de sétima menor como uma sonoridade sem expectativa de resolução de tonalidade que torna na música de Bartók este intervalo um traço "tão importante quanto as observação das terças e quintas na harmonia funcional tonal"([ANTOKOLETZ, 1984](#), p. 28).

Nas palavras do próprio Bartok:

"Quanto mais simples a melodia mais complexa e estranha pode ser a harmonização e acompanhamento que vai bem com esta(...) Estas melodias primitivas, de alguma maneira, não mostram traço de junção estereotipada das tríades(...) Isto nos permite trazer a melodia mais claramente ao construir harmonias de espectro mais amplo variando ao longo de diferentes polarizações"([BARTÓK; SUCHOFF, 1993](#), p. 342)

Bartók concluded: each tone is used as an independent degree. Therefore these scales ought to be regarded as a segment-a kind of pentachord-of a twelve-hemitone [sic] scale; but, of course, with a fixed tonality because of their ever recurring, never changing final note.<sup>10</sup>

In the third 'Harvard Lecture', on 'Chromaticism', presented in February 1943, Bartók talked at length about these structural chromatic melodies from Algeria and Dalmatia, relating his comments to the 'new chromatic' melodies in his compositions:

As to the general characteristics, exactly the same can be said about my melodies as what I said already concerning the chromatic folk melodies. That is, the single tones of these melodies are independent tones having no interrelation between each other. There is in each specimen, however, a decidedly fixed fundamental tone to which the other tones resolve in the end. The main difference between the chromatic folk melodies and my own chromatic melodies is to be found in their range. They consist exclusively of five, six, or at most seven half-tones, which corresponds to a range of about a fourth. My own melodies

generally have at least eight half-tones and cover, in some cases, the distance of an octave or more. 1 ([GILLIES, 1983](#), p.6)

acordes usados de maneira “livre” para harmonizar notas melódicas que não pertencem a estes

na bagatela numero 4 o tecido harmônico é determinado basicamente por um sistema de ambiguidade maior-menor

evitando o leading-tone (sensível) – exemplo D menor (eólio) . Evita acorde de sétima maior. A tríade construída sobre o quinto grau não faz o mesmo papel que na musica tonal tradicional.

A função do acorde de sétima menor faz o papel modal , evitando a ideia de resolução eminente de uma tonalidade maior ou menor.

O acorde de sétima menor possui uma propriedade de simetria interna dos intervalos. Metade do acorde espelha outra metade. Este equilíbrio contribui para uma sensação de imobilidade aparente. Neutralidade Cinética.

Um exemplo citado no livro de [Suchoff \(2004\)](#) dedicado exclusivamente aos mikrokosmos é da primeira canção folk tratada na coleção.

A Melodia pentatônica é também uma estratégia para introduzir uma célula de uma coleção octatônica.

Aplicamos aqui os algoritmos de análise de harmonia funcional da biblioteca music21.

### 2.6.1 Limites e ideias a partir de análise tonal funcional

comparação recente com algoritmo de key probing ([COOPER, 1998](#))

usar análise comentario mikro 100 e 101 do paper 25bartokshenker limits ([BROWN; DEMPSTER; HEADLAM, 1997](#), p.179)

mikro101 ([STRAUS, 2004](#), p.113)

### 2.6.2 Acompanhamento e textura

([STARR, 1985](#))

### 2.6.3 Centricidade por Equilíbrio Inversivo

Às vezes a ideia do equilíbrio inversivo em torno de um eixo pode afetar mais do que apenas um único conjunto de classe de notas ou grupo de conjuntos. Ela pode expandir-se para abranger todas as doze classes de notas. Nesse caso, cada classe de notas

mapeia-se em outra (ou nela mesma) em torno de algum eixo. A Bagatela, Op. 6, No 2, de Bartók, começa com notas Láb e Sib repetidas na mão direita (ver o Exemplo 4–14).

Uma melodia começa no compasso 3 em Sin, um semitom acima da figura repetida, e então continua com Sol, um semitom abaixo da figura repetida. Depois vem Dó e Solb (dois semitons acima e abaixo), Réb e Fá (três semitons acima e abaixo), Ré e Fáb (quatro semitons acima e abaixo), e finalmente Mib, uma classe de notas que está cinco semitons tanto acima quanto abaixo. A única classe de notas que não foi ouvida é Lá, que está justamente no meio da figura repetida, um tipo de centro silencioso em torno do qual tudo se equilibra (ver a Figura 4–8). ([STRAUS, 2004](#), p.121)



## Parte II

### Formalizações Computacionais





## 2.7 Análise de Corpus

### 2.7.1 Formatos de entrada

## 2.8 Music21

É uma biblioteca projetada para trabalhar com manipulação e análise de *corpus* de arquivos partituráveis<sup>4</sup>. Prepara a conversão entre diversos arquivos de dados musicais (MIDIs, humdrum, lilypond, abc)<sup>5</sup>, mas nativamente trabalha com uma estrutura de dados baseada em Music XML.

Music21 tem uma abordagem voltada para uma "musicologia assistida por computador" e já tem incorporada em suas classes algumas ferramentas comuns a esta prática como: numeração de grau funcional de acorde<sup>6</sup>, numeração de classes de altura usando a classificação de Allen Forte<sup>7</sup> e a implementação dos algoritmos de detecção de tonalidade<sup>8</sup> elaborado por Krumhansl (1990) e aperfeiçoado por Temperley (2001), descritos nesta pesquisa.<sup>9</sup>

---

<sup>4</sup> <<http://web.mit.edu/music21/doc/moduleReference/moduleCorpus.html>> Acesso em 10 de julho de 2014.

<sup>5</sup> <<http://web.mit.edu/music21/doc/moduleReference/moduleConverter.html>> Acesso em 10 de julho de 2014.

<sup>6</sup> <<http://web.mit.edu/music21/doc/moduleReference/moduleRoman.html>> Acesso em 10 de julho de 2014.

<sup>7</sup> <<http://web.mit.edu/music21/doc/moduleReference/moduleChord.html?#music21.chord.Chord.forteClassNumber>> Acesso em 10 de julho de 2014.

<sup>8</sup> <<http://web.mit.edu/music21/doc/moduleReference/moduleAnalysisDiscrete.html>> Acesso em 10 de julho de 2014.

<sup>9</sup> ??

### 2.8.1 Stream

### 2.8.2 Notas, Acordes e nomenclaturas

### 2.8.3 Prolongamentos e inferência de tonalidade

### 2.8.4 Key Profiles

### 2.8.5 Escalas e Modalismo

### 2.8.6 Contorno melodico

### 2.8.7 Metrica composta

### 2.8.8 Acento Melodico

### 2.8.9 Busca e extração de padroes

Com music21 a possibilidade de tornar a segmentação independente do gesto gráfico

## 2.9 OpenMusic

as vantagens de segmentação via mouse. LZ , Interface de análise e SOAL como exemplos de possível automação do procedimento usando LISP ou servidores externos.

### 2.9.1 Visualização das classes de altura

### 2.9.2 Manipulação de Conjuntos e suas nomenclaturas

### 2.9.3 "Sieves" de ciclos intervalares

### 2.9.4 Segmentação Monitorada

## 2.10 Especialidade da automação versus especialidade do analista

problema ou utopia da "análise cega"

## 3 Composição Assistida por Computador

3.1 Cliches generativos partituraveis

3.2 Formatos de saída

3.3 Tecnicas em Music21

3.4 Experimentos em outras linguagens de CAC

3.4.1 Tecnicas em OpenMusic

3.4.2 Problematizações em PureData

3.5 Probabilidade e Combinatória



## Parte III

### Experimentos Generativos



## 4 CosmoBagatellas





## 5 Lastros e Rumos



## Referências

- ANTOKOLETZ, E. *The music of Béla Bartók: a study of tonality and progression in twentieth-century music*. [S.l.]: Univ of California Press, 1984. Citado 5 vezes nas páginas 7, 22, 29, 30 e 33.
- BARTÓK, B.; SUCHOFF, B. *Béla Bartók Essays*. [S.l.]: Univ of Nebraska Pr, 1993. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 33.
- BERNARD, J. W. Space and symmetry in bartók. *Journal of Music Theory*, JSTOR, p. 185–201, 1986. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- BROWN, M.; DEMPSTER, D.; HEADLAM, D. The # iv (bv) hypothesis: Testing the limits of schenker's theory of tonality. *Music Theory Spectrum*, Oxford University Press, v. 19, n. 2, p. 155–183, 1997. Citado na página 34.
- COHN, R. Inversional symmetry and transpositional combination in bartók. *Music Theory Spectrum*, JSTOR, p. 19–42, 1988. Citado na página 32.
- COHN, R. Bartók's octatonic strategies: A motivic approach. *Journal of the American musicological society*, JSTOR, p. 262–300, 1991. Citado na página 33.
- COOPER, D. The unfolding of tonality in the music of béla bartók. *Music Analysis*, JSTOR, p. 21–38, 1998. Citado na página 34.
- FORTE, A. *The structure of atonal music*. [S.l.]: Yale University Press, 1973. Citado na página 5.
- GILLIES, M. Bartók's notation: Tonality and modality. *Tempo (New Series)*, Cambridge Univ Press, v. 3, n. 145, p. 4–9, 1983. Citado na página 34.
- GILLIES, M. Bartók analysis and authenticity. *Studia Musicologica*, JSTOR, p. 319–327, 1995. Citado na página 21.
- KRUMHANS, C. L. *Cognitive foundations of musical pitch*. [S.l.]: Oxford University Press New York, 1990. Citado na página 39.
- LENDVAI, E. *Béla Bartók: an analysis of his music*. [S.l.]: Kahn & Averill London, 1971. Citado 5 vezes nas páginas 22, 23, 24, 26 e 27.
- LERDAHL, F. Tonal pitch space. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, University of California Press, v. 5, n. 3, p. pp. 315–349, 1988. ISSN 07307829. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/40285402>>. Citado na página 9.
- LERDAHL, F. Genesis and architecture of the gttm project. JSTOR, 2009. Citado na página 5.
- LERDAHL, F.; JACKENDOFF, R. S. *A generative theory of tonal music*. [S.l.]: MIT press, 1983. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 9.
- PERLE, G. Symmetrical formations in the string quartets of bela bartok. *Music Review*, v. 16, n. 4, p. 311, 1955. Citado na página 29.

PERLE, G. *Serial Composition and Atonality: An Introduction to the Music of Schoenberg, Berg, and Webern*. University of California Press, 1981. ISBN 9780520074309. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=4C8RjEaBRf4C>>. Citado na página 29.

STARR, L. Melody-accompaniment textures in the music of bartók, as seen in his mikrokosmos. *Journal of Musicology*, JSTOR, p. 91–104, 1985. Citado na página 34.

STRAUS, J. N. *Introduction to Post-Tonal Theory (3rd Edition)*. [S.l.]: Pearson, 2004. Citado 4 vezes nas páginas 5, 26, 34 e 35.

SUCHOFF, B. *Bartók's Mikrokosmos: Genesis, Pedagogy, and Style*. [S.l.]: Scarecrow Press, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 28, 30 e 34.

SUSANNI, P.; ANTOKOLETZ, E. *Music and Twentieth-century Tonality: Harmonic Progression Based on Modality and the Interval Cycles*. [S.l.]: Routledge, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 30.

TEMPERLEY, D. *The cognition of basic musical structures*. [S.l.]: MIT press, 2001. Citado 3 vezes nas páginas 5, 9 e 39.

TREITLER, L. Harmonic procedure in the "fourth quartet" of bela bartók. *Journal of Music Theory*, JSTOR, p. 292–298, 1959. Citado na página 29.

TYMOCZKO, D. *A geometry of music: harmony and counterpoint in the extended common practice*. [S.l.]: Oxford University Press, 2011. Citado na página 28.