

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-PIC  
DEPARTAMENTO DE MÚSICA  
ORIENTADOR: PROF. DR. MARCUS ALESSI BITTENCOURT  
ACADÊMICO: ERICO BONDEZAN

A AFINAÇÃO JUSTA E PITAGÓRICA NOS TRATADOS DO PERÍODO  
RENASCENTISTA E SEU USO E INTERPRETAÇÃO NA MÚSICA CORAL.

Maringá, 18 de setembro de 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-PIC  
DEPARTAMENTO DE MÚSICA  
ORIENTADOR: PROF. DR. MARCUS ALESSI BITTENCOURT  
ACADÊMICO: ERICO BONDEZAN

A AFINAÇÃO JUSTA E PITAGÓRICA NOS TRATADOS DO PERÍODO  
RENASCENTISTA E SEU USO E INTERPRETAÇÃO NA MÚSICA CORAL.

Relatório contendo os resultados  
finais do projeto de iniciação  
científica vinculado ao programa  
PIC-UEM

Maringá, 18 de setembro de 2009

## RESUMO

Este trabalho apresenta conceitos teóricos sobre os sistemas de afinação Pitagórica e Justa de Limite 5 no Período Renascentista bem como suas implicações na evolução da harmonia. As principais referências utilizadas têm como base textos de autores dos séculos XV, XVI e XVII (tais como VICENTINO 1555 e ZARLINO 1558 e 1571), comentários sobre estes textos em artigos musicológicos modernos (tais como ALVES 1989, WIENPAHL 1959 e 1960 e KAUFMANN 1963), além de outros. Com base na revisão teórica, constata-se que devido às diferenças dos limites dos diferentes tipos de afinação há algumas incompatibilidades entre os intervalos destes sistemas. Devido a estas incompatibilidades foram feitos experimentos a fim de testar como os músicos atualmente ouvem tais intervalos. Concluiu-se que o músico reconhece padrões de afinação baseado no conforto para o ouvido, procurando afinações onde ocorrem um menor número de batimentos nos intervalos. Em relação ao canto, a voz sempre sofre variações contínuas em seu espectro tímbrico, impossibilitando uma afinação precisa. De qualquer maneira, este conforto procurado faz com que o padrão reconhecido seja enquadrado dentro do sistema de afinação Justa de Limite 5, confirmando as opiniões dos teóricos renascentistas estudados.

**Palavras Chave:** Música Coral, Renascença, Zarlino, Vicentino, Sistemas de Afinação.

## *ABSTRACT*

This work presents theoretical concepts about the Pythagorean and the 5-limit Just tuning systems in the period of Renaissance as well as its implications for the development of harmony. The main references used were texts of authors from the XV, XVI and XVII centuries (such as VICENTINO 1555 e ZARLINO 1558 e 1571), modern musicological articles commenting on those (such as ALVES 1989, WIENPAHL 1959 e 1960 e KAUFMANN 1963), as well others. Based on the theoretical review, we noted that due to differences between the limits of the different tuning systems there are some incompatibilities between the intervals generated by them. Because of those incompatibilities, experiments were made to test how the musicians currently listen to intervals. It was concluded that the musician recognizes the tuning standards based on the comfort for the hearing, searching for tunings that generate the smallest possible number of beatings. Regarding singing, the voice is always undergoing continuous variations in its harmonic spectrum, preventing an accurate tuning. Nonetheless, this searched comfort implies that the recognized intervals will be framed within the system of 5-limit Just tuning, confirming the opinions of the Renaissance authors studied.

**Key Words:** Choral Music, Renaissance, Zarlino, Vicentino, Tuning Systems.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	VIBRAÇÕES DA SÉRIE HARMÔNICA.....	02
<b>FIGURA 2</b>	SÉRIE HARMÔNICA.....	02
<b>FIGURA 3</b>	AFINAÇÃO PITAGÓRICA LIMITE 3.....	03
<b>FIGURA 4</b>	ESCALA DIATÔNICA PITAGÓRICA.....	04
<b>FIGURA 5</b>	CICLO DE QUINTAS.....	04
<b>FIGURA 6</b>	ESCALA DIATÔNICA JUSTA.....	05
<b>FIGURA 7</b>	COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCALAS PITAGÓRICA E JUSTA.....	06
<b>FIGURA 8</b>	INTERVALO DE SEXTA.....	07
<b>FIGURA 9</b>	CADÊNCIA 1 .....	08
<b>FIGURA 10</b>	CADÊNCIA 2.....	09
<b>FIGURA 11</b>	CADÊNCIA 3 .....	09
<b>FIGURA 12</b>	CADÊNCIA 4 .....	10
<b>FIGURA 13</b>	CONSONÂNCIA .....	11
<b>FIGURA 14</b>	CADÊNCIA 5 .....	11
<b>FIGURA 15</b>	INVERSÕES DE INTERVALO.....	15
<b>FIGURA 16</b>	TRÍADE MAIOR NA SÉRIE HARMÔNICA.....	18
<b>FIGURA 17</b>	CADÊNCIA PERFEITA.....	19
<b>FIGURA 18</b>	DIFERENÇA DE TONS INTEIROS NA ESCALA JUSTA....	
<b>FIGURA 19</b>	RÉ MÓVEL .....	22
<b>FIGURA 20</b>	SEMITOM DIATÔNICO NA ESCALA PITAGÓRICA.....	22
<b>FIGURA 21</b>	SEMITOM DIATÔNICO NA ESCALA JUSTA.....	23
<b>FIGURA 22</b>	SEMITOM CROMÁTICO NA ESCALA PITAGÓRICA.....	23
<b>FIGURA 23</b>	SEMITOM CROMÁTICO JUSTO MAIOR.....	24
<b>FIGURA 24</b>	SEMITOM CROMÁTICO JUSTO MENOR .....	25
<b>FIGURA 25</b>	EXEMPLO MUSICAL (BENSON) .....	27
<b>FIGURA 26</b>	EXPERIÊNCIA 1.....	29
<b>FIGURA 27</b>	EXPERIÊNCIA 2.....	30
<b>FIGURA 28</b>	EXPERIÊNCIA 3.....	30
<b>FIGURA 29</b>	EXPERIÊNCIA 4.....	31
<b>FIGURA 30</b>	ÁREAS DE AFINAÇÃO.....	31

## SUMÁRIO

Introdução.....	01
1- A série harmônica e os Sistemas de Afinação.....	01
1.1 Definição de série harmônica.....	01
1.2 Afinação Pitagórica.....	03
1.3 Afinação Justa de limite 5.....	05
2- Afinação e Harmonia.....	07
3- Afinação Justa e seus desajustes.....	20
4- Experiências.....	28
4.1 Experiência 1.....	28
4.2 Experiência 2.....	29
4.3 Experiência 3.....	30
4.4 Experiência 4.....	31
5- Conclusão das experiências.....	32
6- Conclusão.....	33
Referências Bibliográficas.....	34

## **Introdução**

O período renascentista foi muito rico e importante para a música, principalmente para a música vocal. A variedade das composições e estilos daquela época foi a base para a música dos períodos subsequentes na história da música. Por se tratar de um período antigo, não raramente esbarra-se em problemas no que diz respeito à interpretação de sua música. Vários conceitos da época foram e ainda são estudados para propor soluções que facilitem o acesso àquele repertório e, mais ainda, que possibilitem uma interpretação mais fiel e próxima do que os compositores e músicos antigos tinham em mente quando executavam suas músicas.

Ao se deparar com o estudo do período, os quesitos que mais saltam aos olhos são as teorias das prolações e os sistemas de afinação. O presente trabalho focará na questão dos sistemas de afinação bem como suas implicações em algumas outras áreas como a evolução da harmonia e o tratamento do texto.

O trabalho irá primeiramente realizar uma breve definição dos conceitos de série harmônica e os principais sistemas de afinação, descrevendo quais as semelhanças e diferenças entre eles. Depois fará a relação entre os sistemas e a evolução da harmonia identificando quais os detalhes que influenciaram a preferência dos compositores por este ou aquele sistema. Na comparação dos sistemas de afinação estudados perceber-se-á algumas incompatibilidades e o trabalho também irá apontá-las, junto das possíveis soluções para resolvê-las. O presente trabalho realizará ainda algumas experiências para ilustrar os conceitos trabalhados no trabalho e assim comprovar algumas hipóteses, principalmente com relação ao canto.

## **1 A série harmônica e os Sistemas de Afinação**

### **1.1 Definição de série harmônica.**

Desde a antiguidade as pessoas perceberam que uma corda posta em vibração não vibrava apenas em sua totalidade, mas vibrava também dividida em duas partes iguais, e três, quatro e assim sucessivamente produzindo vibrações múltiplas ao mesmo tempo da vibração da corda toda. Os gregos antigos, em especial o filósofo grego Pitágoras (ver BENSON 2006) fizeram experimentos neste sentido através de um instrumento chamado monocórdio.

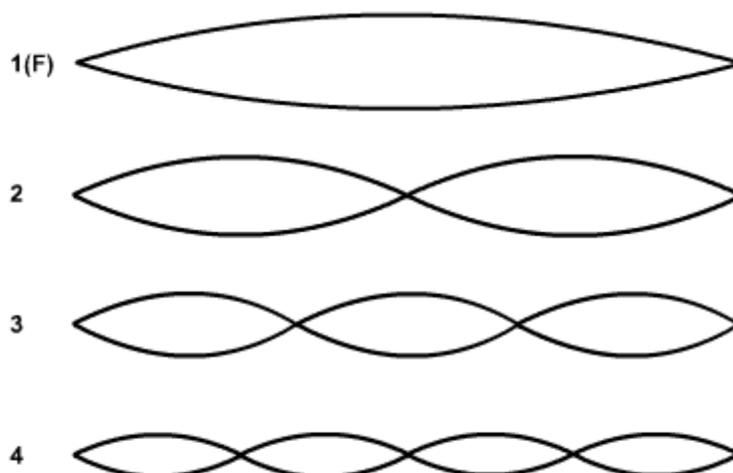


Figura 1: Vibrações da Série Harmônica.

A partir da nota fundamental da corda inteira ( $X$  Hertz), soam simultaneamente suas frequências múltiplas, ( $2X$ ,  $3X$ ,  $4X$ ...). Estas frequências múltiplas não são perceptíveis como sons separados, mas sim fazem parte do corpo sonoro da nota fundamental enriquecendo seu timbre.

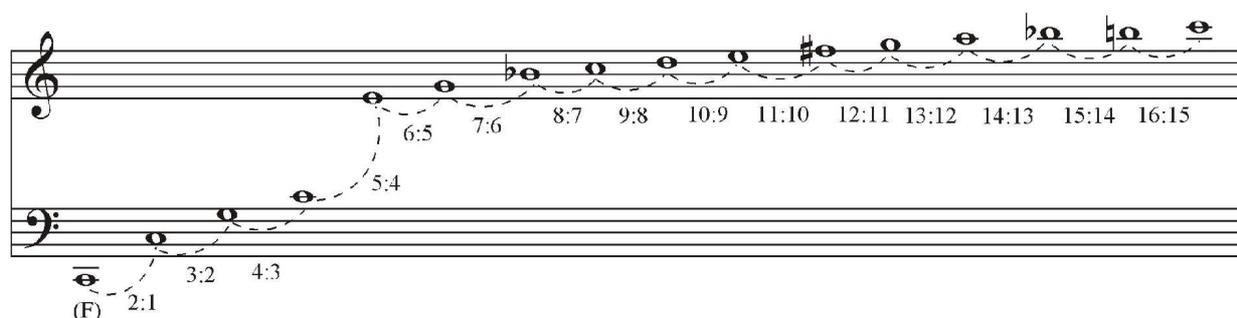


Figura 2: Série Harmônica

A série harmônica é determinante na formação das escalas musicais. Pitágoras percebeu que a relação do primeiro para o segundo harmônico ( $2:1$ ) é quase neutra, ou seja, é a mesma nota só que mais aguda (oitava). A relação do segundo para o terceiro harmônico ( $3:2$ ) forma o intervalo mais saliente da série harmônica (quinta justa natural), e por este motivo foi a base para a construção de várias escalas musicais na antiguidade. Os intervalos seguintes da serie são: do terceiro para o quarto harmônicos ( $4:3$ ), que forma a quarta justa, do quarto para o quinto ( $5:4$ ), que forma a terça maior e do quinto para o sexto ( $6:5$ ), que forma a terça menor e assim por diante.

## 1.2 Afinação Pitagórica

A afinação pitagórica (ver BENSON 2006 e BARBOUR 1953) é um sistema de afinação Justa de limite 3, ou seja, são usados e aceitos como afinados os intervalos formados a partir da aplicação das proporções encontradas nos intervalos entre os primeiros três sons da série harmônica. Som fundamental, oitava acima deste (proporção 2:1 da frequência fundamental) e quinta justa natural acima do segundo som (proporção 3:2). Apesar destes intervalos descritos, o que este sistema mais prioriza é a afinação das quintas justas e é baseado nelas que se constrói toda a escala diatônica pitagórica. A quinta justa é o intervalo base ou o limite e todos os outros intervalos derivam-se daquele.

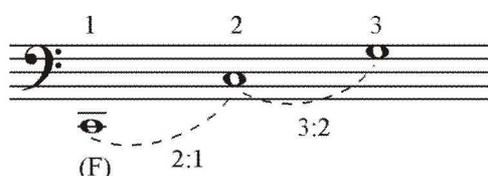


Figura 3: Afinação Pitagórica limite 3.

A proporção da oitava é 2:1, para a quinta é 3:2 e para a quarta, que é a quinta invertida, 4:3. Para se achar as demais notas diatônicas da escala maior é necessário realizar operações matemáticas como multiplicação e divisão a partir destas proporções de referência. Se tivermos a nota Dó como fundamental teremos o seguinte exemplo: para se encontrar a nota Ré é necessário multiplicar a relação 3:2 por 3:2, ou seja, a nota sol pela proporção de quinta justa acima. O valor encontrado será a proporção de 9:4. Dividindo esta por 2:1 (proporção da oitava) obteremos a proporção 9:8, na oitava real da escala. Para se encontrar a nota Mi é necessário multiplicar 9:8 (nota ré) por 9:8 (proporção da segunda maior, entre Dó e Ré), e o valor encontrado será 81:64. A nota fá já apresenta a proporção 4:3 e a nota sol 3:2, diretamente na série harmônica. As notas Lá e Si são respectivamente quintas justas naturais das notas Ré e Mi. Para a nota Lá multiplica-se 9:8 por 3:2, que é igual 27:16 e para a nota Si multiplica-se 81:64 por 3:2, chegando à proporção de 243:128 (ver BENSON 2006).

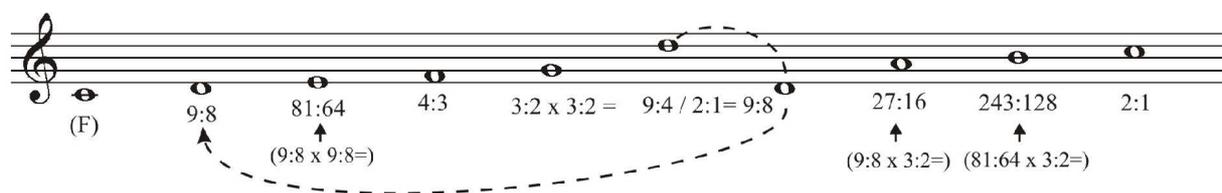


Figura 4: Escala diatônica Pitagórica.

A escala pitagórica então é baseada exclusivamente na proporção de 3:2 (quinta justa) e isto causa um certo desajuste em relação à oitava em registros mais agudos. Se realizarmos um ciclo de 12 quintas usando a proporção 3:2 devemos encontrar mais ou menos a mesma nota que partimos, 7 oitavas acima. Comparando a primeira com a última verificamos que não são de afinação idêntica. Subindo 12 quintas e 7 oitavas os sons não coincidem. A este desajuste, ou seja, à diferença entre estas duas notas dá-se o nome de Coma Pitagórica e este por sua vez é a base para realizar o temperamento igual nos instrumentos de afinação fixa, como instrumentos de teclas e de cordas trastejadas onde o problema do desajuste entre quinta e oitava é mais evidente.

O fato é que uma potência de 2, no caso do intervalo da oitava, nunca será compatível com uma potência de 3, como é o caso da quinta justa. Assim, dizemos que a proporção 2:1 não é compatível com a proporção 3:2. Os valores onde estas duas potências mais se aproximam é em  $2^{19}$  e  $3^{12}$ , com os valores 531441 e 524288, respectivamente. Estes valores representam a enharmonia encontrada entre as notas no ciclo, notas Lá $\flat$  e Sol $\sharp$ .

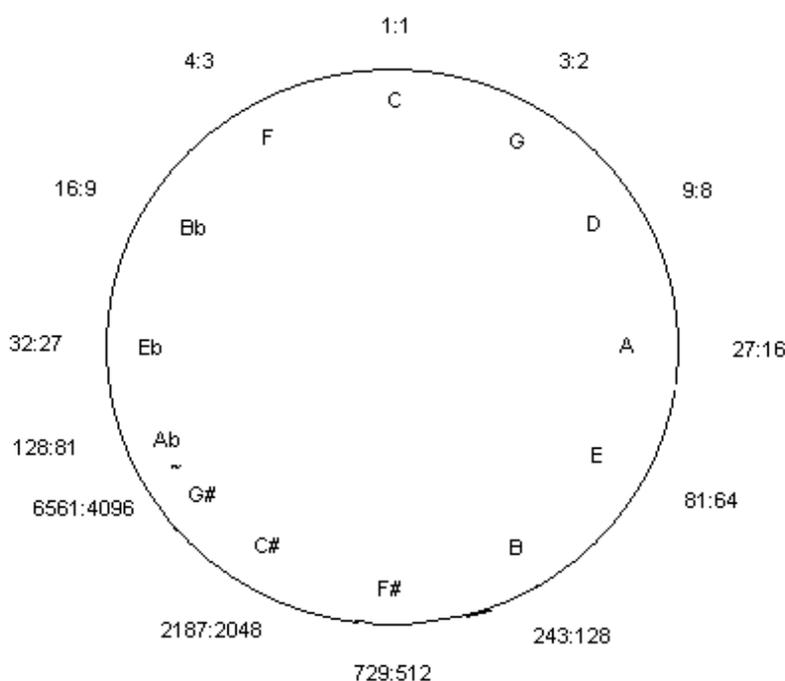


Figura 5: Ciclo de Quintas.

O temperamento consiste em realizar uma distorção, ainda que minúscula que seja, dos intervalos para permitir que estes sejam razoavelmente afinados e também permitir com que a proporção da oitava (2:1) seja devidamente reintegrada ao sistema em todos os registros.

### 1.3 Afinação justa de limite 5

A afinação justa de limite 5 é baseada também na série harmônica. Diferentemente da afinação pitagórica, que é baseada no uso do terceiro harmônico (quinta justa natural) como sendo o intervalo mais saliente, o sistema de afinação justa propõe a adição do uso do quinto harmônico (terça maior natural), agora acrescentado ao rol de consonâncias (ver BENSON 2006). Por este motivo é chamado de sistema de afinação justa de limite 5. O uso do intervalo de terça maior natural permite que a sonoridade de uma tríade Dó-Mi-Sol fique perfeitamente afinada com a série harmônica de fundamental Dó, o que não ocorria com o Mi gerado por uma afinação pitagórica.

Considerando a escala diatônica de Dó maior temos: Dó como fundamental, Sol como sua quinta justa natural (3:2) e Mi como sua terça maior natural (5:4) afinada justamente. Sobre as outras notas importantes da escala de Dó maior, Sol e a nota Fá, que é obtida pela relação 4:3 (relação entre o terceiro e quarto harmônicos, ou seja, quinta invertida), são também construídas tríades maiores: Sol-Si-Ré e Fá-La-Do, respectivamente. Este tipo de afinação é descrito com abundância em tratados renascentistas (ver ZARLINO 1571, VICENTINO 1555 e GALILEI 1581).

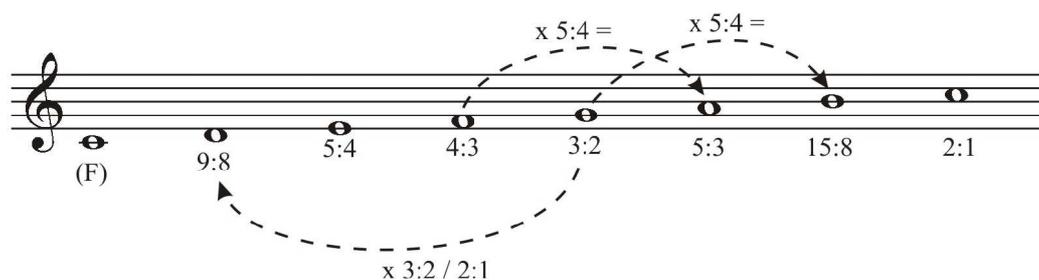


Figura 6: Escala diatônica Justa

Fazendo uma comparação entre as escalas diatônicas resultantes de cada processo de afinação, ou seja, a escala diatônica de Dó maior baseada na afinação pitagórica de limite 3 e aquela baseada na afinação justa limite 5, teremos divergências em algumas notas. Ex: A começar pela terça que na escala pitagórica é medida como sendo quinta justa da nota La e transposta uma oitava abaixo. Na escala justa esta mesma terça é medida diretamente contra a fundamental da escala, ou

seja, a nota Dó, baseando-se na proporção 5:4. Acontece o mesmo processo com a nota La que na escala pitagórica é medido contra a nota Ré, sendo desta uma quinta justa. Na escala justa a nota Lá é medida contra a nota Fá sendo sua terça maior justa. A nota Si na escala justa é obtida tanto sendo medida com proporção de terça maior da nota sol como com proporção de quinta justa da nota Mi (5:4 de Dó).

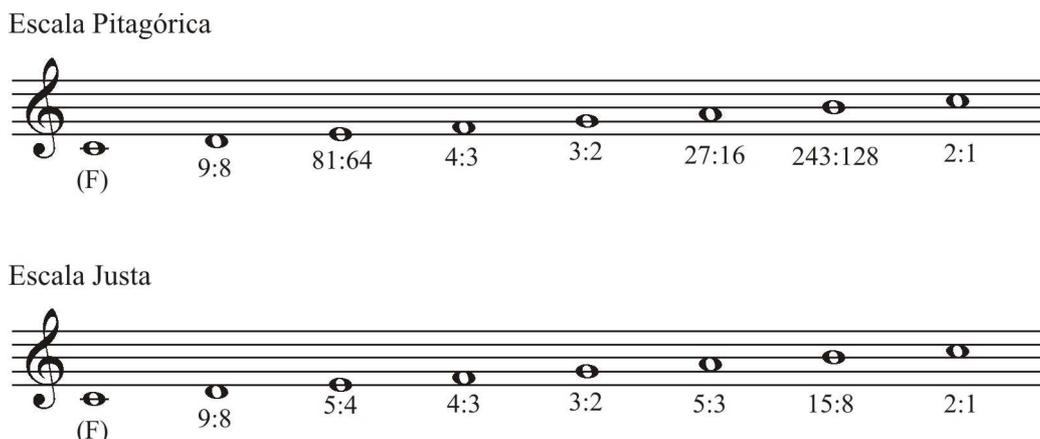


Figura 7: Comparação entre as escalas Pitagórica e Justa.

Um dos fatores que mais merece destaque na comparação das escalas pitagórica e justa é exatamente a diferença na afinação da terça maior. A escala pitagórica tem a terça maior na proporção 81:64 e a escala justa na proporção de 5:4. A proporção dessa diferença é 81:80, e se dá pela diferença entre as proporções das terças maiores nas duas escalas em questão ( $81:64 / 5:4$ ). Este desajuste de afinação faz com que haja dois tamanhos de tons diferentes, um maior e um menor. O tono maior sendo o intervalo entre a nota Dó e a nota Ré (9:8) e o tono menor no intervalo entre a nota Ré e a nota Mi (10:9). À diferença de afinação das terças pitagórica e justa de limite 5 (81:80) dá-se o nome de “coma sintônica”. Esta diferença é a base para se realizar o temperamento mesotônico, que propõe relocar o Ré para uma posição média entre aqueles dois tamanhos de tom inteiro (ver BARBOUR 1953).

O sistema de afinação justa de limite 5 gera estes intervalos novos de terça maior e terça menor (esta última sendo a diferença entre a quinta justa e a terça maior) e juntamente com estes traz consigo os intervalos de sexta maior e menor. Alguns teóricos da época (ver ZARLINO 1571) classificam os intervalos de sexta como sendo inversão dos intervalos de terça. Assim, o intervalo de sexta maior é a inversão da terça menor e a sexta menor é a inversão do intervalo de terça maior. Outros porém entendem a sexta como sendo um intervalo composto, ou seja, é formado com a soma de dois intervalos diferentes e conseqüentemente a multiplicação das proporções destes. O intervalo de sexta maior é formado pela quarta justa natural (proporção 4:3) somado ao intervalo de terça

maior (proporção 5:4) e o intervalo de sexta menor é formado pela quarta justa (4:3) e o intervalo de terça menor (6:5).

O intervalo de sexta pode ser ainda entendido como a relação entre os harmônicos. A proporção 5:3 é referente à sexta maior devido ser esta a relação entre o terceiro som da série harmônica (nota Sol) e o quinto (nota Mi). Da mesma forma o intervalo de sexta menor, 8:5, é o intervalo existente entre o quinto som (nota Mi) e oitavo (nota Dó) da série harmônica.

The figure consists of three musical staves illustrating the construction of sixth intervals:

- Top Staff:** Shows two major sixths. The first is formed by a major third (3ª maior) and a minor sixth (6ª menor). The second is formed by a minor third (3ª menor) and a major sixth (6ª maior).
- Middle Staff:** Shows two major sixths. The first is formed by a just fourth (4ª justa) and a major third (3ª maior). The second is formed by a just fourth (4ª justa) and a minor third (3ª menor).
- Bottom Staff:** Shows a harmonic series starting from F. The notes are labeled (F), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8). A major sixth (5:3 6ª maior) is shown between the 3rd harmonic (Sol) and the 5th harmonic (Mi). A minor sixth (8:5 6ª menor) is shown between the 5th harmonic (Mi) and the 8th harmonic (Dó).

Figura 8: Intervalo de sexta.

Mais adiante serão adicionadas algumas informações a mais sobre os intervalos de sexta bem como citações dos teóricos e seus pontos de vista.

## 2 Afinação e Harmonia

Com o desenvolvimento da polifonia houve uma necessidade de precisar melhor a afinação

das notas, umas em relação as outras. Esta problemática está intimamente relacionada com o conceito de consonância e dissonância e quanto a isso havia muita discussão entre os filósofos e teóricos.

Baseado no sistema de afinação pitagórica, os intervalos de terça maior e sexta maior eram considerados como sendo dissonantes devido às suas razões apresentarem números muito grandes em sua proporção (81:64 – terça maior e 32:27 – sexta maior). Isto encontrou fundamento no pensamento do filósofo Boethius, que era defensor deste sistema de afinação (ver ALVES 1989).

Robert Wienpahl (ver WIENPAHL 1959 e 1960) realizou uma pesquisa para identificar a evolução nas cadências durante os anos de 1400 a 1600, bem como a influência dos sistemas de afinação nesta evolução. Abaixo estão alguns exemplos das cadências mais usadas na primeira metade do século XV, recolhidas por Wienpahl (WIENPAHL 1960).

de Lantins: Rondeau

The image shows a musical score for a cadence in 3/4 time, consisting of three staves. The top staff is in treble clef, the middle in alto clef (8), and the bottom in bass clef (8). The key signature has one flat (B-flat). The notes are: Staff 1: G4, A4, B4; Staff 2: F4, G4, A4; Staff 3: G3, F3, E3. Below the staves, the figured bass notation is: I<sub>6</sub> vii<sub>6</sub> I.

Figura 9: Cadência 1

Esta cadência tinha sua peculiaridade em apresentar uma dupla sensível, ou seja, a nota Mi subindo para a nota Fá na voz superior e a nota Si natural subindo para a nota Dó na voz inferior. Esta cadência foi encontrada em 15% das peças do início do século XV.

Binchois: Chanson

The musical score for Binchois: Chanson is presented in three staves. The top staff is in treble clef with a 3/2 time signature. The middle and bottom staves are in bass clef. The key signature has one flat (B-flat). The cadence consists of three measures: the first measure contains the notes i (B-flat), V (F), and i (B-flat); the second measure contains the notes V (F), i (B-flat), and V (F); the third measure contains the notes I (C), i (B-flat), and I (C). The notes are marked with Roman numerals i, V, and I below the staves.

Figura 10: Cadência 2

Esta é uma das mais usadas na primeira metade do século XV, encontrada em 33% das peças analisadas. Chamada de cadência de Landini ou de sexta ornamental cadencial. Era caracterizada exatamente pela ornamentação incluindo a sexta nota da escala após passar pela sensível do modo.

Fontaine: Pastorale

The musical score for Fontaine: Pastorale is presented in three staves. The top staff is in treble clef with a 6/4 time signature. The middle and bottom staves are in bass clef. The key signature has one flat (B-flat). The cadence consists of three measures: the first measure contains the notes i (B-flat), V (F), and i (B-flat); the second measure contains the notes V (F), i (B-flat), and V (F); the third measure contains the notes I (C), i (B-flat), and I (C). The notes are marked with Roman numerals i, V, and i below the staves.

Figura 11: Cadência 3.

Cadência muito importante para o desenvolvimento da cadência autêntica V-I. A sensível

aparece na voz superior subindo para a tônica e o que é interessante é o cruzamento de vozes entre tenor e baixo. O baixo salta uma oitava e atinge a quinta justa do acorde da tônica e o tenor desce melodicamente do segundo para o primeiro grau da escala. Mas ainda assim o acorde de Dominante está com sua tríade completa. Esta cadência foi encontrada em 22,4% das peças analisadas.

Dunstable: Chanson

The musical score for Dunstable's Chanson is presented in 3/4 time. It features two staves: a treble staff and a bass staff. The treble staff contains a melodic line with notes G4, A4, B4, C5, and D5. The bass staff contains a harmonic line with notes G3, B3, and D4. The cadence is labeled with Roman numerals  $i^6$ ,  $vii^{\circ 6}$ , and  $i$  below the bass staff.

Figura 12: Cadência 4.

Esta cadência tem uma particularidade interessante pois apresenta uma tríade diminuta na Dominante (Fá#-Lá-Dó). Foi encontrada em 30% das peças analisadas.

É interessante notar que em todas estas cadências mostradas a terça não está presente no acorde final. Apenas numa porcentagem pequena das peças analisadas no início do século XV a terça aparece no acorde final, mais precisamente em 3% das peças. Este fato é curioso, considerando-se que o sistema de afinação pitagórica estava mais em voga neste período.

Com o passar do tempo, mais precisamente no final do século XV e início do século XVI, os intervalos de terças e sextas foram sendo considerados consonantes por causa do uso do sistema de afinação justa limite 5, onde tais intervalos apresentavam proporções onde os números tinham uma relação menor entre si (5:4 – terça maior e 5:3 – sexta maior). Na antiguidade, Ptolomeu foi um filósofo que já defendia este ponto de vista. Quanto mais os números na proporção que representa um intervalo apresentarem números grandes em sua relação, mais dissonante tal intervalo é considerado (ver WIENPAHL 1959).

Zarlino define as principais consonâncias como aqueles intervalos representados por razões superparticulares: razões entre números inteiros que diferem entre si por apenas uma unidade.

“A oitava, no entanto, é a mais perfeita por causa da proximidade de dois para um. Ao completar as várias proporções, as seguintes consonâncias são obtidas: 2:1 igual à oitava, 3:2 a quinta perfeita, 4:3 a quarta, 5:4 a terça

maior, e 6:5 a terça menor. Será notado que essas são proporções superparticulares e que elas formam as consonâncias básicas por causa da relação próxima; isto é, seus números componentes não diferem por números maiores do que uma unidade...” (WIENPAHL, 1959, pg. 31)<sup>1</sup>

Baseado nesta afirmação, os primeiros 5 intervalos formados adjacientemente entre os primeiros seis sons da série harmônica são considerados consonantes.

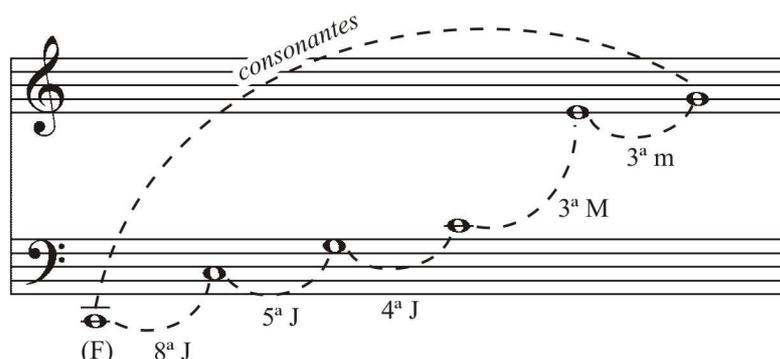


Figura 13: Consonância.

Pelo fato de os intervalos de terça e sexta serem considerados consonantes, o seu uso foi sendo gradativamente incluído nas peças polifônicas do período renascentista, principalmente a terça completando a tríade no acorde final.

Leonel: Sanctus

Figura 14: Cadência 5.

<sup>1</sup>“The octave, therefore, is the most perfect because of the proximity of two to one. By carrying out the various ratios the following consonances are obtained: 2:1 equals the octave, 3:2 the perfect fifth, 4:3 the fourth, 5:4 the major third, and 6:5 the minor third. It will be noted that these are superparticular ratios and that they form the basic consonances because of this close relationship; that is, their component numbers do not differ by greater than unity...”

A preferência de compositores renascentistas pelo uso do sistema de afinação de limite 5 causou um certo impacto na harmonia utilizada em suas composições. Zarlino foi um teórico da época que foi importante neste assunto (ver WIENPAHL 1959). Ele tinha algumas formas de medir e representar os intervalos dentro de um sistema ao qual deu o nome de Senário. Neste sistema são duas as formas de medir os intervalos: a primeira é chamada de medida harmônica que é nada mais nada menos que a própria série harmônica com suas proporções entre os sons. 1 (fundamental),  $\frac{1}{2}$  (oitava),  $\frac{1}{3}$  (quinta justa natural),  $\frac{1}{4}$  (quarta justa natural),  $\frac{1}{5}$  (terça maior natural) e  $\frac{1}{6}$  (terça menor natural). Estas proporções são relativas aos comprimentos de corda das notas e não às frequências dos sons da série harmônica. A segunda forma de medir os intervalos é chamada medida aritmética e se dá da seguinte maneira: o som fundamental é representado pela proporção  $\frac{6}{6}$  e o denominador permanece o mesmo nos demais intervalos:  $\frac{5}{6}$  (terça menor),  $\frac{4}{6}$  (quinta justa natural),  $\frac{3}{6}$  (oitava justa natural),  $\frac{2}{6}$  (quinta justa natural) e  $\frac{1}{6}$  (quinta justa natural).

Há ainda uma fórmula matemática para representar cada uma das formas de medir os intervalos:

$$Ma = \frac{x+y}{2} \qquad Mh = \frac{1}{\frac{\frac{1}{x} + \frac{1}{y}}{2}}$$

Onde:

$Mh$  = Média harmônica

Onde:

$Ma$  = Média aritmética

Dentro do limite da oitava, por exemplo, a média harmônica gera o intervalo de quinta justa natural. Já na média aritmética chega-se ao intervalo de quarta justa natural.

$$Mh = \frac{1}{\frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{1}}{\frac{2}{2}}} = \frac{2}{3}$$

$$x=1 \text{ e } y=\frac{1}{2}$$

$$Ma = \frac{1 + \frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$$

Dentro do limite da quinta justa natural a média harmônica gera o intervalo de terça maior natural e na média aritmética chega-se ao intervalo de terça menor natural.

$$x = 1 \text{ e } y = \frac{2}{3} \qquad Ma = \frac{1 + \frac{2}{3}}{2} = \frac{5}{6} \qquad Mh = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{\frac{2}{3}}} = \frac{4}{5}$$

É importante lembrar que as frações da forma em que estão escritas acima se referem a comprimento de corda, que é inverso à proporção do intervalo enquanto frequência.

Nos escritos de Zarlino consta o termo “harmonia perfeita”. Este conceito de Zarlino está completamente relacionado com o sistema de afinação justa de limite 5. Para ele, variedade harmônica se dá não apenas pelas consonâncias entre os intervalos de duas notas, mas também pela variedade de terça, ou seja, terça maior e terça menor.

“...A variedade da harmonia em tais combinações não consiste somente na variedade de consonâncias que são feitas entre duas partes mas também na variedade de harmonia que consiste de tipos de intervalos que fazem a Terça, ou a Décima acima da parte inferior da canção. Ou ela é menor e a harmonia que cresce é estabelecida ou corresponde à proporção aritmética, ou ela é maior e tal harmonia é estabelecida por ou corresponde ao harmônico comum, e nessa variedade depende toda a diversidade e perfeição da harmonia...” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 27)<sup>2</sup>

Devido a esta variedade de harmonia relacionada com a terça, Zarlino considera esta combinação (a tríade) como sendo a mais importante de todas as combinações consonantes existentes e por este motivo foi com o passar do tempo sendo incluída de forma completa nos acordes finais das peças.

“Pode ser visto disso que a tríade comum é considerada por Zarlino como a mais importante de todas as combinações consonantes. Essa atitude é refletida na inclusão crescente da Terça no acorde final. Nós examinamos 5179 peças musicais dos períodos de 1500 a 1700 e descobrimos que o período de maior uso da Terça final foi de 1580 a 1620; 93.8% de todos os acordes finais incluíam a terça...” (WIENPAHL, 1959, p. 27 e 28)<sup>3</sup>

<sup>2</sup>[“...The variety of harmony in such combinations does not consist solely in the variety of Consonances which are made between two parts but also in the variety of the Harmony which consists of the types of intervals which make up the third, or the Tenth above the lowest part of the song. Either it is minor and the Harmony which arises is established by or corresponds to the Arithmetic proportion, or it is major and such Harmony is established by or corresponds to the ordinary Harmonic, and on this variety depends all the diversity and perfection of Harmony...”]

<sup>3</sup>“It can be seen from this that the common triad is considered by Zarlino as the most important of all consonant

Sobre os intervalos de sexta (maior ou menor), os escritos de Zarlino em “*Dimonstrazioni harmoniche*” conforme Wienpahl (1959) atestam que estes são intervalos compostos por outros dois intervalos. Estes intervalos estão no seu sistema de afinação não de forma evidente, mas potencialmente já que são formados por outros dois intervalos presentes no sistema: quarta justa e terça maior formando a sexta maior e quarta justa e terça menor formando o intervalo de sexta menor. “... *A Sexta maior, e também a menor, são um produto da união da Quarta com a Terça maior, ou a Terça menor;...*” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 33)<sup>4</sup>

Wienpahl (1959) registrou também o que Salinas (1513-1590) escreveu sobre a questão do intervalo de sexta e afirma que sextas são inversões de terças e vice-versa. Segundo ele dentro do limite de uma oitava você tem em uma das extremidades uma terça maior e a distância desta nota para a outra extremidade corresponde ao intervalo de sexta menor e o mesmo acontece com a terça menor e sexta maior. “...*Entre os dois extremos de uma oitava são distribuídas as consonâncias, onde, por uma lado pode ser encontrada a Terça menor, e por outro lado a Sexta maior; e a Quarta e a Quinta...*” (SALINAS apud WIENPAHL, 1959, p. 35)<sup>5</sup>

Este conceito de inversões dos intervalos também estava no sistema de Zarlino quando ele resumiu as consonâncias em apenas duas, a quinta justa natural e terça maior ou menor natural. Dentro do limite da oitava a quinta invertida se transforma em quarta e vice-versa e no limite de quinta a terça é que aparece invertida em maior e menor, e por último dentro do limite da oitava ainda a terça invertida forma o intervalo de sexta. “... *mas os Tons ou Consonâncias que podem produzir essa diversidade de sentimento são duas, a Quinta e a Terça, ou o composto de cada uma...*” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 37)<sup>6</sup>

Por este motivo ele resume o conceito de harmonia perfeita às duas consonâncias principais: a terça e a quinta naturais. Esta idéia de ter como princípio da inteligibilidade musical os intervalos de terça e quinta se tornou importantíssima no pensamento teórico musical ocidental, especialmente entre os teóricos alemães do século XIX, como Hauptmann, Oettingen e Riemann (ver RIEMANN, 1898).

---

combinations. This attitude is reflected in the increasing inclusion of the third in the final chord. We examined some 5179 pieces of music from the period 1500 to 1700 and found that the period of greatest use of the final third was from 1580 to 1620; some 93.8% of all final chords included the third...”

<sup>4</sup>“...The major sixth, and also the minor, are a product of the union of the Fourth with the Major Third, or Minor Third;...”

<sup>5</sup>“Between the two extremes of an Octave are distributed the consonances, where on the one hand may be found the Minor Third, and on the other the Major Sixth; and the Fourth and Fifth...”

<sup>6</sup>“...but the Tones or Consonances which can produce this diversity of feeling are two, the Fifth and the Third, or the compound of each...”

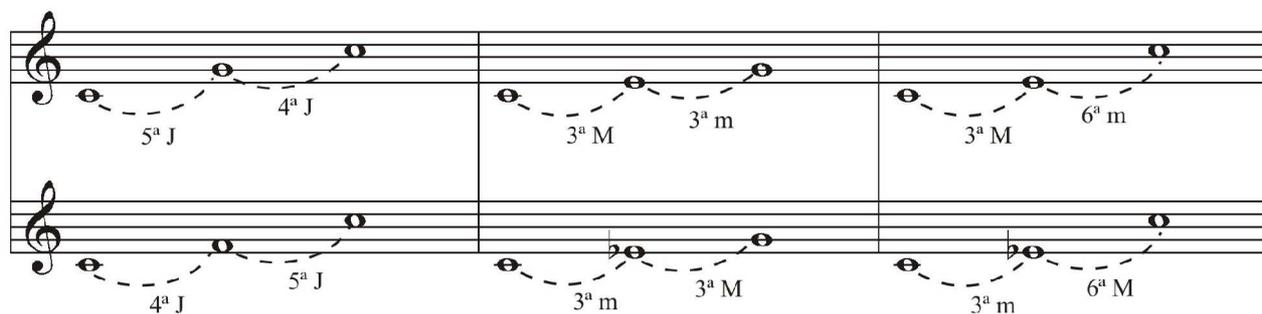


Figura 15: Inversões de intervalos.

Alguns compositores usavam em suas composições a sexta em lugar da quinta pois tinham preferência por uma outra sonoridade mais cheia. A sexta e a quinta não apareciam juntas por causa da dissonância entre elas. A sexta era usada de duas formas nas composições, como o acorde em primeira inversão, ainda que não fosse vista assim, ou simplesmente substituindo a quinta pelos motivos indicados acima.

“É mesmo verdade que muitas vezes compositores usam a Sexta no lugar da Quinta, e isso é bem feito. Mas, preste atenção que quando um usa uma das partes da Sexta acima do baixo, para não permitir que qualquer outra parte seja a Quinta acima dessa; para essas duas partes não deveria ter o espaço entre elas para um Tom, ou um Semitom, por isso a dissonância pode ser ouvida... O compositor, então, observará isso que eu disse na composição; digo, quanto mais possível, deixe a Terça ser encontrada, e a Quinta, e algumas vezes a Sexta no lugar dessa, ou os compostos; então a música pode ser mais sonora e cheia.” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 37)<sup>7</sup>

“...Essa frase é interessante por duas razões: (1) ele está lidando com a primeira inversão do acorde, mas não faz nenhuma tentativa de explicá-la como uma harmonia diferente do mesmo acorde com a quinta justa, novamente indicando que ele não compreendeu a invertibilidade dos acordes; e (2) ele fala de usar a “Sexta” acima do baixo.”(WIENPAHL, 1959, p. 37 e 38)<sup>8</sup>

Um fator interessante no que diz respeito à sexta no lugar da quinta no acorde sem deturpar a função deste continuou no imaginário teórico ocidental, tendo ramificações inclusive na teoria das

<sup>7</sup>“It is indeed true that many times Composers use the Sixth in place of the Fifth, and this well done. But be forewarned that when one uses in one of the parts the said Sixth above the Bass, not to allow any other part to be a Fifth above this; for these two parts should not have the space between them of a Tone, or a Semitone so that the dissonance can be heard...The composer will then observe this that I have said in composition; that is, as much as possible, let the Third be met with, and the Fifth, and sometimes the Sixth in place of this, or the compounds; so that the Song may be sonorous and full.”

<sup>8</sup>“This statement is interesting for two reasons: (1) he is dealing with a first inversion chord but makes no attempt to explain it as a harmony different from the same chord with a fifth-thus, again indicating that he did not grasp the invertibility of chords; and (2) he speaks of using a “Sixth” above the Bass.”

falsas consonâncias de Riemann (ver MICKELSEN 1977).

Outro fator que contribuiu para que a terça e conseqüentemente a tríade fosse incorporada cada vez mais no acorde final foi a preferência dos compositores em compor para 4 vozes ao invés de duas ou três. Com isso incluíam todo o conceito de harmonia perfeita e comparavam as quatro vozes com os quatro elementos naturais.

“Os musicistas em suas construções musicais, a maioria das vezes as coloca em quatro partes, nas quais eles dizem estarem contidas todas as perfeições da harmonia. E por que ela é composta de tais partes, por essa razão eles identificam os elementos da composição de acordo com a maneira dos quatro elementos...” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 38)<sup>9</sup>

O soprano era comparado ao fogo. Era a parte mais ornamentada e movimentada. O baixo era considerado o elemento terra, ou seja a base da composição. Notas longas e de fácil compreensão eram sua marca para realmente sustentar a composição.

“...como o fogo é alimentado e é a causa de produzir cada coisa natural que é encontrada na ornamentação e conservação do mundo, por isso o Compositor se dedica, para fazer a parte superior da música mais bonita, ornada, e elegante de uma maneira que alimenta e mantém o espírito ouvinte...”] (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 38)<sup>10</sup>

“...E como a Terra é mantida a ser fundamento de todos os elementos; então o baixo tem tal propriedade, que sustenta, estabiliza, fortifica, e dá suporte para as outras partes...” “...O baixo, então, não deve ser muito diminuído; mas, continua pela maior parte com notas de alguma maneira de maior valor do que aquelas que são usadas nas outras partes, e deve ser ordenado com tal estilo que pode produzir um bom efeito, e que ele não seja muito difícil de cantar, e todas as outras partes devem ser bem arranjadas em seus devidos lugares na música...” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 38)<sup>11</sup>

Completando as quatro vozes o tenor era comparado à água e o contralto com o ar.

Na transição de duas ou três vozes para quatro ainda existiam discussões sobre qual era a parte mais importante da composição no sentido de manter o modo, já que antes da troca o tenor era

<sup>9</sup>“...The Musicians in their song settings most of the time put them in four parts, in which they say are contained all the perfections of the harmony. And because it is composed of such parts, for that reason they call the Elements of the composition after the manner of the four Elements...”

<sup>10</sup>“...as the Fire is fed and is the cause of producing every natural thing which is found in the ornamentation and conservation of the world so the Composer strives, to make the upper part of the song more beautiful, ornate, and elegant in a way which feeds and maintains the listening spirit...”

<sup>11</sup>“...And as the Earth is held to be the fundament of all the other elements; so the Bass has such propriety, which sustains, stabilizes, fortifies, and gives support of the other parts...” “...The .bass then ought not to be diminished much; but proceed for the most part with notes of somewhat greater value than those which are used in the other parts; and ought to be ordered in such a fashion that it may produce a good effect, and that it be not too difficult to sing, and all the other Parts should be well arranged in their proper places in the song...”

a voz mais importante e todas as outras eram medidas e se relacionavam com base no tenor.

“...O tenor segue imediatamente o baixo na parte superior e é essa parte que guia e governa a música e é ela que mantém o Modo ou o Tom na qual é escrita... observando quando fazer a cadencia no seu devido lugar e posição.” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 39)<sup>12</sup>

“A parte final é muito interessante, por ele ainda se referir ao tenor como a “parte que guia e governa a música” e “mantém o Modo ou o Tom”...” (WIENPAHL, 1959, p. 39)<sup>13</sup>

“...Mas, alguém também deveria ser avisado, que, embora, o baixo pode ser hábil na vez de tomar o lugar do tenor, e por isso, um toma o lugar do outro e vice e versa; no entanto, se isso é feito, o baixo sempre terminará assim para governar o Tom e o final do Modo na qual a peça é composta, e assim, as outras partes em seus devidos lugares; já que pelo devido tom nós podemos julgar o Modo. E se, mesmo assim, vier a terminar em outra nota diferente da final, isso não será de grande importância...” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 39)<sup>14</sup>

A evolução da harmonia também teve corroboração no fato de que o texto precisaria ser valorizado. Vemos isso já na escolha de modos ou tonalidades para se realizar uma composição. Segundo Zarlino, o posicionamento da terça na tríade traz consigo um certo afeto. Dentro da quinta justa natural, se a terça maior vier abaixo da terça menor (tríade maior) o sentimento é de alegria, e se o contrário acontece (tríade menor) o sentimento é de tristeza. Isto acontece porque a tríade maior está de acordo com a série harmônica, ou seja, é natural esta posição da tríade. Ouvimos isto na série harmônica nos intervalos entre o quarto, quinto e sexto harmônicos (4:5:6).

“... tais modos são tão alegres e vivos; porque neles nós freqüentemente encontramos consonância colocada de acordo com a natureza do numero sonoro; por isso, a Quinta é dividida harmonicamente em uma Terça maior e uma menor (4:5:6); o que é muito agradável aos ouvidos. Eu digo que as consonâncias são feitas de acordo com a natureza do número sonoro, pois assim as consonâncias estão colocadas em seus lugares naturais...” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 29)<sup>15</sup>

<sup>12</sup>“...The Tenor follows immediately the Bass in the upper part and is that part which rules and governs the Song and is that which maintains the Mode or Tone in which it is written . . . observing when to make the Cadence in its proper place and position.”

<sup>13</sup>“The latter part is very interesting, for he still refers to the tenor as the "part which rules and governs the Song" and "maintains the Mode or Tone;"...”

<sup>14</sup>“But also one should be warned, that although the bass may be able in turn to take the place of the Tenor, and thus the one take the part of the other, and vice versa; nevertheless if this is done, the Bass always will finish so as to govern the Tone and final of the Mode upon which the piece is composed, and thus the other parts in their proper places; since by such tone we can judge the Mode. And if indeed the Tenor comes to finish on another note than on the final, this will not be of much importance...”

<sup>15</sup>“...such Modes are very cheerful and lively; because in them we often find the Consonances placed according to the nature of the Sonorous Number; that is, the Fifth is divided harmonically into a major Third and a minor (4:5:6); which is very delightful to the ears. I say that the Consonances are arranged according to the nature of the Sonorous Number,

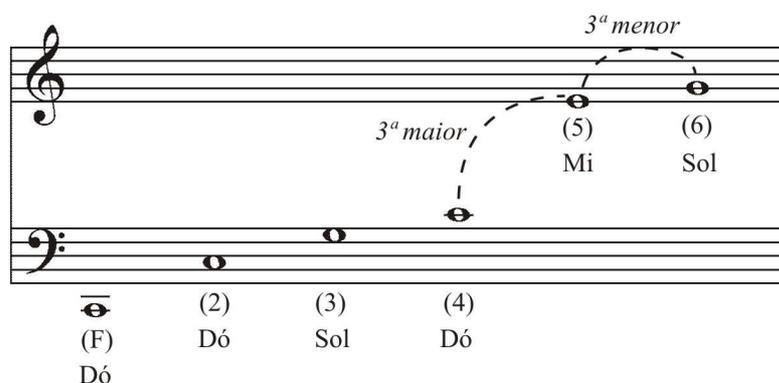


Figura 16: Tríade Maior na Série Harmônica.

O século XVI foi marcado por uma necessidade de criar ferramentas para ajudar na expressividade do texto, ou seja, elementos musicais utilizados afim de ressaltar e enfatizar partes importantes do texto. Adrian Coclico descreveu este estilo de preocupação com o texto como “música reservatta”. Um outro teórico contemporâneo tanto de Zarlino quanto de Adrian Coclico foi Nicola Vicentino. Este foi um teórico importante neste aspecto de expressividade do texto.

Nesse sentido, Vicentino contribuiu com a idéia de se misturar modos para criar sensíveis individuais em algumas notas específicas ou até mesmo incluir elementos tonais dentro das composições. Pesquisas mostram que no período entre 1540 a 1580 apenas 34% das composições eram realizadas em um modo puro, o restante apresentava mistura de modos, ou mistura de elementos modais e tonais ou apenas tonais.

“...no período de 1540 a 1580 somente 34% da música analisada contribuiu para um padrão relativamente modal puro, se o restante for modal (uma mistura de elementos modais e tonais) e tonal...” (WIENPAHL, 1959, p. 40)<sup>16</sup>

Isto traz mais uma vez à tona o princípio de consonância e dissonância. Como Zarlino era contemporâneo de Nicola Vicentino, ambos concordavam em vários aspectos. Ele classificava um intervalo como dissonante sendo aqueles que não estão dentro do sistema “Senário” explicitamente ou potencialmente. Ele considera as consonâncias como base para a composição, assim como para todos os demais teóricos da época, mas no que diz respeito à expressividade do texto a dissonância ocupa lugar importante nas composições pois ressalta as consonâncias que as sucedem.

for then the Consonances are put in their natural places...”

<sup>16</sup>“...In the period 1540 to 1580 only 34% of the music analyzed subscribed to a relatively pure modal standard; the remainder being modal (a mixture of modal and tonal elements) and tonal.”

“Composições devem ser feitas principalmente de Consonâncias e a partir daí talvez por Dissonâncias”... “...Dissonância prepara a Consonância, e o que segue é, por essa razão, mais adorável.” (ZARLINO apud WIENPAHL, 1959, p. 41)<sup>17</sup>

Este princípio de tratamento das dissonâncias foi importante para o desenvolvimento da cadência V<sup>7</sup>-I com dupla sensível (o trítono) no acorde de dominante resolvendo na tríade final. Este conceito também foi importantíssimo no desenvolvimento do tonalismo.

“...a dissonância aumenta o valor da consonância e existe para esse propósito. Também, ela prepara a consonância, e aqui, sentimos, é uma implicação de importância considerável para o futuro desenvolvimento de tonalidade. É sugerido que Zarlino entendeu o princípio básico da harmonia funcional. (Nós já indicamos que ele foi o primeiro teórico a começar uma consideração séria da estrutura do acorde com sua harmonia perfeita, ou o acorde comum.) o uso crescente de ambos V<sup>7</sup> e I<sup>64</sup> na cadência final mostra que a opinião de Zarlino era geralmente mantida. É, também, um indicativo da consciência crescente do conceito vertical...” (WIENPAHL, 1959, p. 41)<sup>18</sup>

Anonymous. St. Matthew Passion

Figura 17: Cadência perfeita.

Na realidade Zarlino contribuiu muito com o desenvolvimento do tonalismo no sentido de

<sup>17</sup>“Compositions ought to be made up primarily of Consonance and thereafter per chance by Dissonance” “...Dissonance prepares Consonance, and what follows is therefore more delightful.”

<sup>18</sup>“...dissonance enhances the value of consonance and exists for this purpose. Furthermore, it prepares the consonance, and here, we feel, is an implication of considerable importance for the further development of tonality. It suggests that Zarlino understood the basic principle of functional harmony. (We have already indicated that he was the first theorist to begin a serious consideration of chordal structure with his harmonia perfetta, or common chord.) The increasing use of both the V<sup>7</sup> and I<sup>64</sup> in the final cadence shows that Zarlino's opinion was pretty generally held. It is also indicative of the growing awareness of the vertical concept...”

suas teorias, continuadas em outros teóricos como Nicola Vicentino, resumirem todos os modos em apenas dois modos, o maior e o menor. Este conceito foi baseado no seu sistema de afinação (Senário) com a posição da terça maior e conseqüentemente a terça menor. “*Em resumo, o Senário de Zarlino forçou a dicotomização da teoria modal que diretamente emparelhou a prática atual e apontou o caminho em direção às tonalidades maiores e menores.*” (WIENPAHL, 1959, p.41)<sup>19</sup>

### 3 Afinação Justa e seus desajustes

Nicola Vicentino (1511 – 1575 ou 1576) teve um papel importante e contribuiu de maneira significativa para a questão do tratamento do texto (ver KAUFMANN 1963 e ALVES 1989). Além disso apresentou algumas aplicações práticas para solucionar o problema do desajuste de afinação dos intervalos. Em seu tratado “*L'antica musica ridotta alla moderna prattica (música antiga restaurada para a prática moderna)*”, baseia sua teoria na pesquisa de antigos filósofos como Ptolomeu, Aristoxenus e Boethius. Este último era defensor da afinação pitagórica (limite 3), e neste sistema de afinação os intervalos de terças e sextas maiores e menores eram consideradas dissonantes devido às suas proporções de números muito grandes, 81:64 para a terça maior, 27:16 para a sexta maior. Eram considerados consonantes os intervalos que tivessem uma relação superparticular, ou seja, a diferença de um número para o outro deveria ser de apenas uma unidade. Ptolomeu era defensor do sistema de afinação justa (limite 5) e com este sistema as terças e sextas foram consideradas consonantes por sua relação superparticular, 5:4 para a terça maior, 6:5 para a terça menor. As sextas mesmo não tendo uma relação superparticular apresentam números pequenos na proporção, 5:3 para a sexta maior e 8:5 para a sexta menor.

O outro filósofo pesquisado por Vicentino foi Aristoxenus e este apresentava um ponto de vista mais radical. Segundo Kaufmann este filósofo dizia que o que determina afinação e efeito em música é o ouvido do músico e o senso (intuição), negando a razão. Segundo ele o senso e o ouvido são o último julgador da música.

“...Aristoxenus, no entanto, apresentou um ponto de vista ainda mais radical, que o ouvido do músico deve ser o último árbitro...” (ALVES, 1989, p. 8)<sup>20</sup>

“...Aristoxenus, se baseia somente no sentido, negando a razão...” (KAUFMANN, 1963, p. 327)<sup>21</sup>

<sup>19</sup>“In summation, Zarlino's Senario forced a dichotomization of modal theory which closely paralleled actual practice and pointed the way toward the major and minor tonalities.”

<sup>20</sup>“...Aristoxenus, though, presented an even more radical viewpoint, that the musician's ear should be the ultimate arbiter...”

<sup>21</sup>“...Aristoxenus, drawing only on the senses, negates reason...”

O que Vicentino fez foi pôr um meio termo entre os pensamentos filosóficos estudados: a afinação pitagórica, a afinação justa e o senso musical como julgador da música.

A mistura dos sistemas de afinação, pitagórica e justa gera incompatibilidades entre as mesmas notas devido a proporções diferentes. Além disso a própria escala justa natural gera dois tamanhos de tons diferentes, ou seja, a nota ré (9:8 de Dó) é a quinta justa da nota sol. A terça maior natural da nota Dó é a proporção 5:4. Considerando estas proporções temos dois tamanhos de tons diferentes, um de proporção 9:8 entre as notas Dó e Ré e outro de proporção 10:9 entre as notas Ré e Mi.

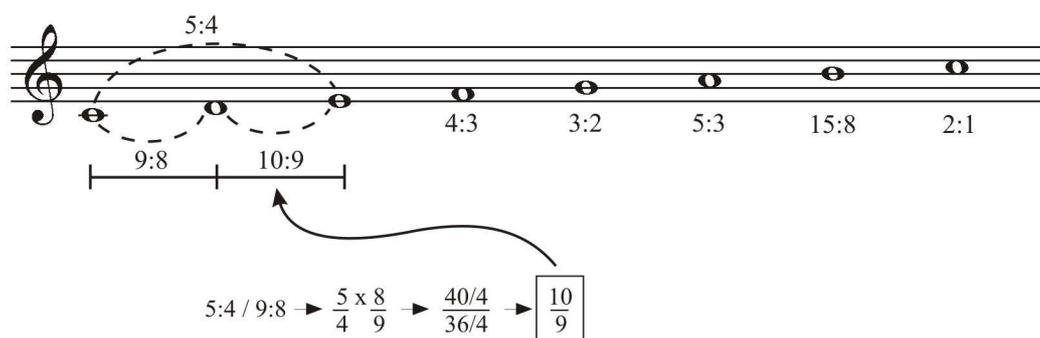


Figura 18: Diferença de tons inteiros na escala Justa.

Este problema também se reflete no tamanho das tríades, ou seja, se observarmos a escala justa natural de Dó todas as tríades coincidem a afinação tanto de quinta justa natural quanto as terças maiores ou menores conforme a tríade correspondente, com exceção da tríade de Ré menor (notas Ré-Fá-La). O problema existe apenas nesta tríade da escala pelo fato de a nota Ré ter afinação um pouco mais alta devido ao problema de tamanhos de tons inteiros diferentes. Um teórico que precedeu Nicola Vicentino, Ludovico Fogliano em seu tratado “Musica Theoretica” de 1529, sugeriu que fosse necessário duas notas Ré, uma sendo quinta justa natural (3:2) da nota Sol e a outra sendo a sexta maior ou terça menor da nota Fá (5:3 ou 6:5 respectivamente). Este fator corroborou para a múltipla divisão da oitava, que foi a inovação de Nicola Vicentino através do uso dos gêneros cromático e enharmônico.

“...sugeriu que o que realmente se precisa são duas teclas para D (uma para ser uma 5/3 de F e a outra uma 3/2 de G) e Bb. Embora teclas-divididas fossem conhecidas na época, Fogliano admite que elas são uma opção imparcial. No entanto, a idéia de estender o sistema de afinação através da divisão múltipla de oitava foi claramente uma lógica extrapolação, e uma que também traria ao sistema os longamente rejeitados gêneros enharmônico e cromático do gregos. Essa foi a inovação de Vicentino.” (ALVES, 1989, p. 9)<sup>22</sup>

<sup>22</sup>“...suggested that what one really needs are two keys for D (one to be a 5/3 from F and the other a 3/2 from G) and Bb. Though split-keys were known at the time, Fogliano admits that they are an impractical option. However, the idea

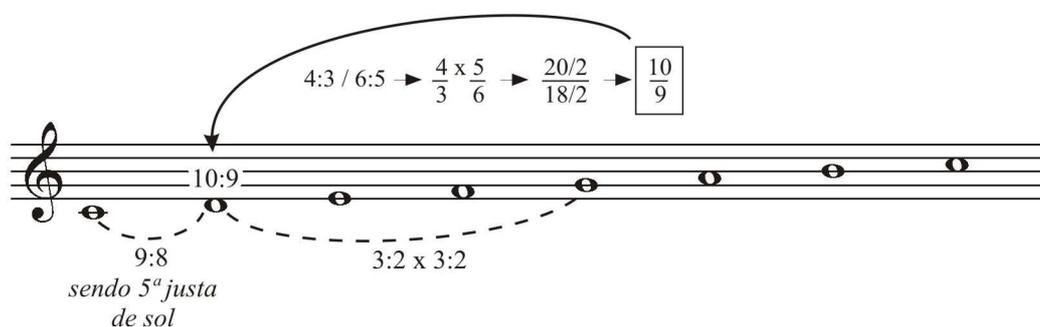


Figura 19: Ré Móvel.

Antes de definir os gêneros no sistema de Vicentino é necessário saber como se dá a diferença entre os intervalos que é a base para a múltipla divisão da oitava. A base para todas as diferenças se encontra no intervalo de terça maior da escala diatônica gerada pelo sistema de afinação justa e a terça maior da escala diatônica gerada pelo sistema de afinação pitagórica. A diferença entre as terças é a proporção 81:80 (proporção da diferença entre 5:4 e 81:64) e é chamado de coma sintônica. O intervalo de terça maior na escala diatônica pitagórica é mais alargado e isso faz com que a distância entre esta e a quarta justa seja menor, ou seja, um semitom menor do que o semitom que é gerado na escala justa a partir de sua terça maior. Este mesmo semitom menor se dará no intervalo entre as notas Si e Dó pois a nota Si é uma quinta justa da nota Mi nas duas escalas diatônicas (ver BENSON 2006).

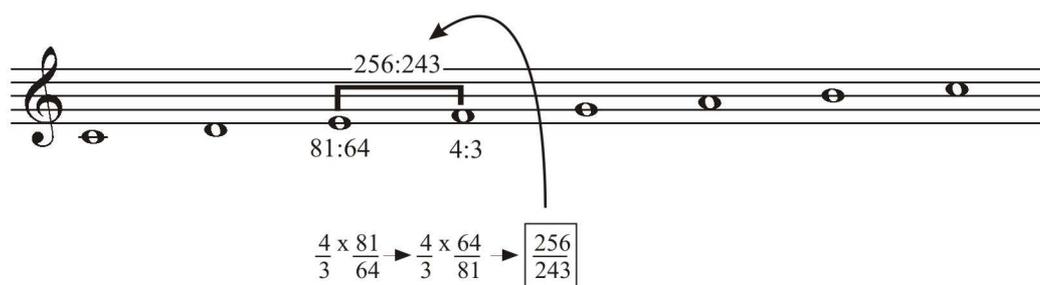


Figura 20: Semitom diatônico na escala Pitagórica.

of extending a tuning system through multiple division of the octave was clearly a logical extrapolation, and one which would also bring into the system the long-rejected enharmonic and chromatic genera of the Greeks. This was Vicentino's innovation."

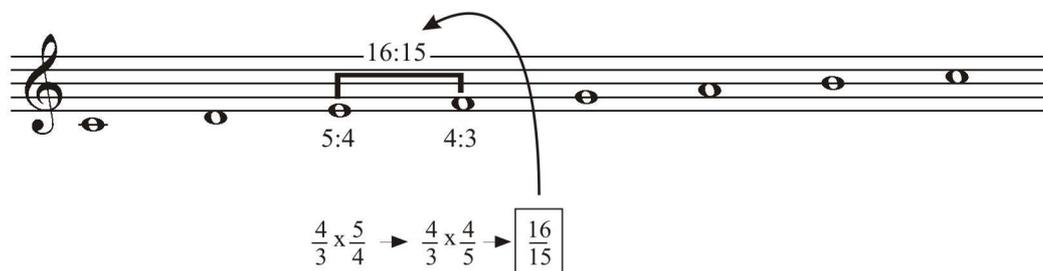


Figura 21: Semitom diatônico na escala Justa.

Além dos semitons diatônicos gerados pelas escalas justa e pitagórica encontramos também os semitons cromáticos que se dão a partir de multiplicação de proporções de quinta justa (3:2) ou terça maior, ou seja, a partir de uma nota diatônica multiplica sua proporção pela proporção de quinta justa. A única nota diatônica da escala diatônica que multiplicada pela proporção de quinta justa que se chega a uma nota cromática é a nota Si. Ex: na escala pitagórica a nota Si tem a proporção de 243:128 e multiplicando por 3:2 chega-se a proporção de 729:256. Esta proporção é para a nota Fá# uma oitava acima e para recolocá-la na oitava real é necessário dividir pela proporção da oitava (2:1). O resultado será então a proporção 729:512. Calculando o intervalo entre as notas Fá (4:3) e Fá# (729:512) temos a proporção 2187:2048 que é a proporção do intervalo de semitom cromático pitagórico.

$$\textcircled{1} \frac{243}{128} \times \frac{3}{2} = \frac{729}{256}$$

$$\textcircled{2} \frac{729:256}{2:1} = \frac{729:512}$$

$$\textcircled{3} \frac{729}{512} \div \frac{4}{3} = \frac{729}{512} \times \frac{3}{4} = \frac{2187}{2048}$$

Figura 22: Semitom cromático na escala Pitagórica.

Na escala pitagórica então temos dois tamanhos diferentes de semitom, o diatônico com proporção de 256:243 (chamado de Limma, contendo 90,22 centavos) e o cromático com proporção 2187:2048 (chamado de apotome, contendo 113,69 centavos). O semitom diatônico é menor que o semitom cromático. O termo centavo refere-se à centésima parte de um semitom temperado (BENSON 2006).

A escala justa como dito anteriormente apresenta um semitom diatônico maior que o semitom diatônico gerado pela escala pitagórica devido à diferença nos intervalos de terça maior nas duas escalas. Este semitom é gerado no intervalo entre as notas Mi e Fá, Fá com proporção 4:3 e Mi com proporção 5:4. A proporção do semitom diatônico é 16:15 (chamado de limma justo, com 111,73 centavos).

Diferentemente da escala pitagórica, a escala justa apresenta dois intervalos de semitons cromáticos ao invés de apenas um. O primeiro é gerado da mesma forma da escala pitagórica calculando uma quinta justa a partir da nota diatônica Si. Ex: na escala justa de limite 5 o Si tem a proporção de 15:8 e multiplicando-o pela proporção de quinta justa (3:2) chega-se a proporção de 45:16 que é a nota Fá#. Para recolocá-la na oitava real é necessário dividir este resultado pela proporção da oitava (2:1) chegando então a proporção de 45:32. Calculando o intervalo entre Fá (4:3) e Fá# (45:32) temos a proporção 135:128 (semitom cromático justo maior, com 92,18 centavos).

①  $15:8 \times 3:2 = 45:16$

②  $45:16 / 2:1 = 45:32$

③  $45:32 / 4:3 = 135:128$

Figura 23: Semitom cromático justo maior.

Por se tratar de um sistema de afinação de limite 5 a proporção de terça maior é usada para determinar o outro intervalo de semitom cromático na escala justa. Ele se dá sobrepondo duas terças maiores, ou seja, proporção de terça multiplicada sobre a terça maior gerando numa escala de fundamental Dó a nota Sol# com proporção de 25:16. Após isso calcula-se o intervalo gerado entre as notas Sol e Sol#. O resultado a que se chega é a proporção de 25:24 (semitom cromático justo menor, com 70,67 centavos).

①  $5:4 \times 5:4 =$   $25:16$

②  $25:16 / 3:2 =$  **25:24**

Figura 24: Semitom cromático justo menor.

Portanto, somando a escala pitagórica de limite 3 e a escala justa de limite 5 nós temos cinco tamanhos de semitons diferentes, 2 diatônicos e 3 cromáticos. Isso faz com que haja uma pequena diferença de afinação entre estes intervalos e é esta diferença a base para o gênero enharmônico proposto por Nicola Vicentino.

Dave Benson explica as diferenças de intervalos na escala pitagórica através de subtrações de outros intervalos:

“Uma Oitava 2:1 menos uma Quinta perfeita 3:2 é uma Quarta perfeita 4:3. Uma Quinta perfeita menos a Quarta perfeita é um tom inteiro Pitagoreano 9:8. Uma Quarta perfeita menos dois tons inteiros é um semitom Pitagoreano menor 256:243. Isso era chamado um “diesis” (diferença), e mais tarde era referido como um “limma” (restante). Uma tom menos um “diesis” é um semitom Pitagoreano maior 2187:2048, chamado um apotome<sup>23</sup> e menos um “diesis” é uma coma Pitagoreana 531441:524288.” (BENSON, 2007, p. 155)<sup>23</sup>

<sup>23</sup>“A 2:1 octave minus a 3:2 perfect fifth is a 4:3 perfectfourth. A perfect fifth minus a perfect fourth is a 9:8 Pythagorean wholetone. A perfect fourth minus two whole tones is a 256:243 Pythagorean minorsemitone. It was called a diesis (difference), and was later referred to asa limma (remnant). A tone minus a diesis is a 2187:2048 Pythagorean majorsemitone, called an apotome<sup>23</sup> e. An apotome<sup>23</sup> e minus a diesis is a 531441:524288 Pythagorean comma.”

As diferenças entre as notas geram intervalos pequenos que são importantes nos ajustes de afinação. Vicentino define os seus gêneros diatônico, cromático e principalmente o enarmônico baseado nestes intervalos.

“Vicentino define o gênero com os tetracordes tradicionais: o diatônico consiste de uma combinação de dois tons inteiros e um semitom; o cromático com dois semitons, um maior e um menor, e uma terça menor; e o enarmônico com duas dieses (intervalos menores do que um semitom) e uma terça maior. Como o semitom cromático, a “diesis” (diferença) enarmônica pode ser ou maior, o que seria o mesmo tamanho de um semitom menor, ou menor, o que seria metade daquele intervalo. Vicentino usou um ponto acima da nota para indicar que ela era aumentada pela “diesis” (diferença). A maneira que esses três intervalos são colocados dentro de uma Quarta perfeita define a “espécie da Quarta”. Quando conjuntamente unidas, as espécies da Quarta e a Quinta formam as espécies da Oitava, que incluem os tradicionais modos eclesiásticos.” (ALVES, 1989, p. 9)<sup>24</sup>

Segundo Kaufmann (KAUFMANN 1963) os três gêneros descritos por Nicola Vicentino poderiam coabitar numa mesma peça polifônica ou agir de forma separada, sendo ignorada qualquer indicação de acidentes. Dessa forma segundo ele uma peça poderia ter até cinco maneiras de ser interpretada pelo quesito afinação.

“Outras modificações deste trabalho são sugeridas pelo compositor. Ignorando todos os sinais acidentais a peça será essencialmente diatônica. Um outro método de performance devia ser tomar conhecimento somente dos sustenidos, naturais ou bemóis mas omitindo os sinais menores dos diesis, e a composição seria inteira docemente cromática. A decisão de selecionar acidentes para ser usados ou rejeitados seguirá várias outras combinações, tais como a mistura de diatônico e cromático, ou somente diatônico, cromático e enarmônico. O número de caminhos em que este madrigal pode ser cantado teria um total de cinco.” (KAUFMANN, 1963, p. 346)<sup>25</sup>

<sup>24</sup>“Vicentino defines the genera with the traditional tetrachords: the diatonic consisting of some combination of two whole tones and a semitone; the chromatic with two semitones, one major and one minor, and a minor third; and the enharmonic with two dieses (intervals smaller than a semitone) and a major third. Like the chromatic semitone, the enharmonic diesis may be either major, which would be the same size as the minor semitone, or minor, which would be one-half of that interval. Vicentino used a dot above the note to indicate that it was raised by a diesis. The way these three intervals are arranged within a perfect fourth defines the "species of the fourth," and four intervals may be analogously arranged within a perfect fifth to derive the "species of the fifth." When conjunctly joined, species of the fourth and fifth form the octave species, which include the traditional church modes.”

<sup>25</sup>“Other modifications of this work are suggested by the composer. By ignoring all the accidentals signs, the piece will become essentially diatonic. Another method of performance would be to acknowledge only the sharps, naturals and flats but omit all the smaller signs of the diesis, and the whole composition will be sweetly chromatic. A judicious selection of accidentals to be used or rejected will allow several other combinations, such as mixture of diatonic and chromatic, or even diatonic, chromatic and enharmonic. The number of ways in which this madrigal could be sung would then total five.”

Um fator interessante no que diz respeito à afinação dos intervalos numa peça polifônica é que Zarlino em “Institutionem harmoniche”(1571) dizia que os cantores sem acompanhamento instrumental intuitivamente cantavam em afinação justa. Esta afirmação foi contestada anos depois por Benedetto, que dizia que os intervalos tinham que ser reafinados em relação a algumas notas que deveriam ser consideradas pilares nas áreas harmônicas em questão. Se isto realmente acontecesse as notas secundárias teriam sempre que ser reafinadas com relação a estes pilares e se não fosse assim a peça ou um determinado trecho musical poderia ter seu acorde final ou alguma nota especificamente diferente em altura do seu acorde inicial devido ao ajuste de afinação que deveria ser feito.

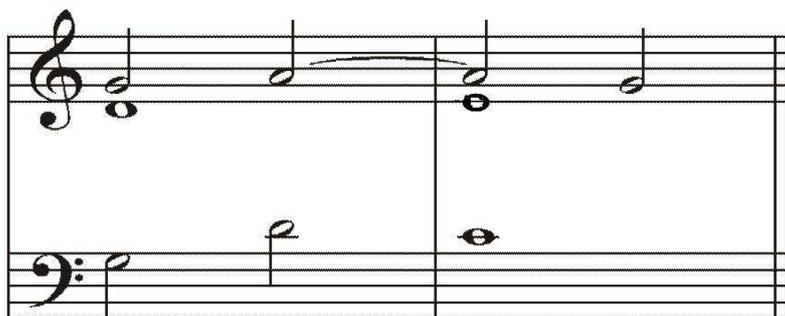


Figura 25: Exemplo Musical (BENSON)

Este trecho mostra-nos o seguinte: se mantivermos as notas em comum em sua afinação inicial, ou seja, se esta permanecer com a mesma afinação no acorde seguinte ao que ela iniciou as outras notas do acorde terão que se ajustar em relação a ela. Se este princípio acontece, neste exemplo a nota Sol final não terá a mesma afinação da nota Sol inicial.

Vamos considerar no exemplo dado que o pulso em que muda a harmonia é da figura de mínima. No primeiro acorde nós temos um intervalo de oitava entre as notas Sol (3:2) e o intervalo de quinta justa com a nota Ré (9:8). No segundo acorde, se a nota Ré se mantiver na mesma afinação a nota Lá terá que ser afinada num intervalo de quinta justa acima fazendo com que esta não seja um intervalo de sexta maior justa na escala diatônica de Dó. No próximo acorde então com a nota Lá sendo mantida com a mesma afinação as notas Dó e Mi terão que se ajustar um pouco mais alto em afinação para serem consonantes com a nota Lá e por consequência a nota Sol final também terá que ser afinada mais alta do que a primeira nota Sol do trecho em questão, pois se ajustará às notas Dó e Mi.

Por outro lado, se as notas pilares tiverem prioridade o princípio de manter notas em comum com mesma afinação não poderá acontecer e estas terão que se ajustar no decorrer do trecho baseadas na troca do acorde. No mesmo exemplo, no segundo acorde a nota Ré deveria ser ajustada um pouco para baixo mesmo sendo em comum com o acorde inicial e assim a nota Lá seria um intervalo de sexta maior natural na escala diatônica de Dó. A partir daí tudo aconteceria naturalmente. Então neste trecho a nota Ré tem que ser ajustada e isto acontecendo todas as outras estarão na afinação natural.

A diferença de afinação entre a nota Sol inicial e a nota Sol final na primeira hipótese é de uma coma sintônica (diferença entre as terças maiores pitagórica e justa). Isto porque na primeira hipótese o Ré teria sempre a proporção de 9:8 e já na segunda hipótese ele seria abaixado exatamente um comma sintônico para que a nota Lá fosse sua quinta justa natural e ao mesmo tempo sexta maior natural de Dó. Neste ajuste a nota Ré teria a proporção 10:9, ou seja 5:3 que é a proporção da nota Lá, dividido pela proporção de quinta justa natural 3:2.

Isto confirma que a tríade com as notas Ré-Fá-Lá realmente é problemática e sempre terá que sofrer alteração, quase que na sua totalidade na nota Ré.

## 4 Experiências

A fim de comprovar algumas suspeitas com relação aos sistemas de afinação foram realizadas algumas experiências com colegas músicos cantores, regentes e instrumentistas em geral. Estas serviram ainda para precisar como estes músicos têm a percepção dos intervalos nos dias atuais, ou seja, com qual sistema de afinação mais estes músicos se identificam, afinação pitagórica limite 3, afinação justa limite 5 ou temperamento igual.

### 4.1 Experiência 1

As medições foram realizadas utilizando-se sons sintetizados via síntese aditiva, em um aplicativo construído com o software Pure Data (ver PUCKETTE 1996). Cada som foi criado por meio de sete osciladores calibrados para produzir os sete primeiros harmônicos da frequência fundamental pedida, com a energia total espectral dividida a 25%, 6%, 29%, 17%, 15%, 5% e 3% entre os sete primeiros harmônicos, respectivamente. O ouvinte testado ouvia um som base contínuo, sintetizado como descrito acima e de fundamental escolhida aleatoriamente entre 50 e 300 Hz, enquanto tinha de afinar acima do som base e ao intervalo do tipo testado um outro som contínuo semelhante, segundo a sua intuição. Para isso, o ouvinte tinha à sua disposição uma "slider" que controlava a frequência do som a ser afinado por ele, entre 50 e 600 Hz. Durante a

experiência, o aplicativo mostrava, apenas ao aplicador do teste e não ao ouvinte, a que afinação o intervalo escolhido pelo ouvinte mais se aproximava, indicando ainda numericamente o desvio em centavos entre o intervalo efetivamente escolhido e o valor perfeitamente afinado segundo aquele modelo mais próximo. As afinações consideradas foram a por temperamento igual, a Pitagórica e a Justa. O intervalo testado foi a terça maior.

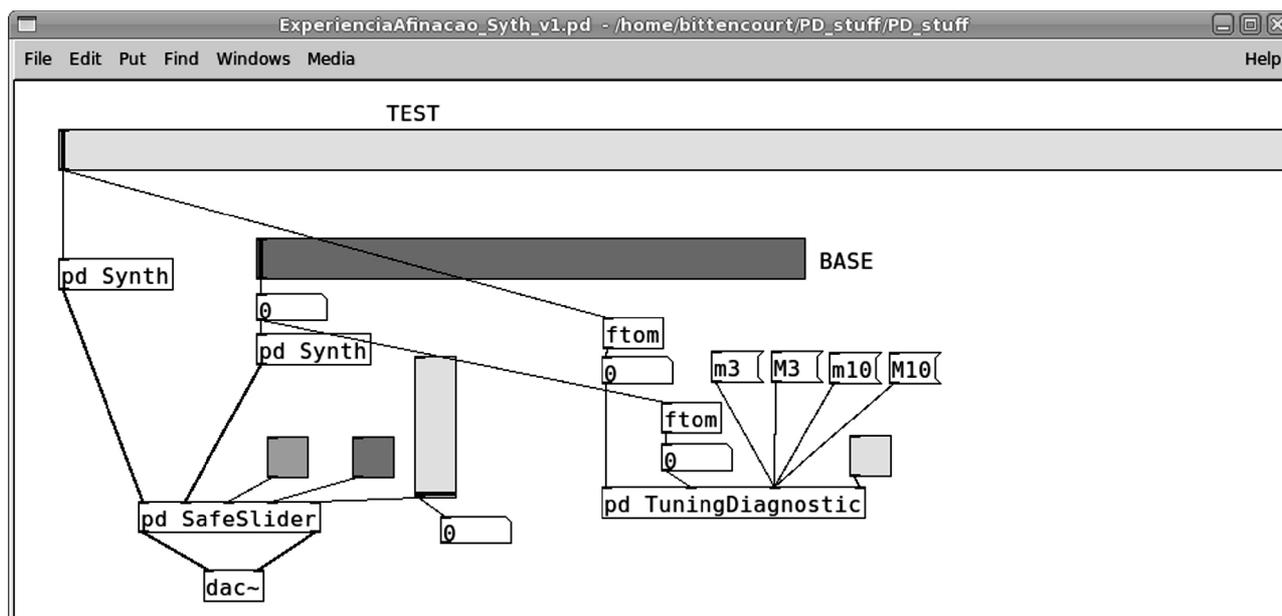


Figura 26: Experiência 1.

## 4.2 Experiência 2

Com esta experiência, medimos a evolução das parciais de um som pré-gravado de uma nota Lá de fundamental 110 Hz cantada mezzo-forte por uma voz masculina. O som foi submetido a uma análise espectral via Fast Fourier Transform (FFT), com uma janela de 1024 amostras, via objeto `fiddle~` do Pure Data (ver PUCKETTE e APEL 1998). Durante os testes verificou-se uma variação contínua de afinação do próprio quinto harmônico do som a partir da posição justa de 5 vezes a frequência da parcial fundamental. Isto demonstra que o espectro tímbrico de uma nota cantada é sempre ligeiramente inharmônico, variando continuamente. Abaixo incluímos um gráfico com a defasagem em centavos de afinação da quinta parcial do som cantado, com o 0 significando a posição justa.

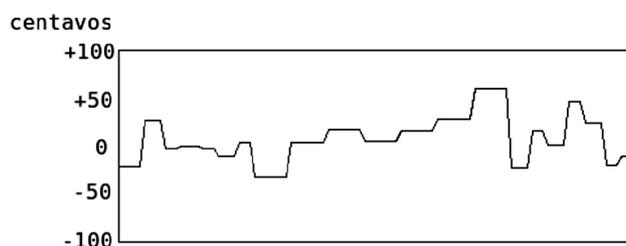


Figura 27: Experiência 2

### 4.3 Experiência 3

Uma outra experiência, bem mais difícil para os ouvintes testados, foi montada utilizando um som cantado pré-gravado. Este som era ouvido pelo sujeito, que então cantava para um microfone a nota à distância do intervalo testado. Um objeto fiddle~ com FFT de 1024 amostras calculava a fundamental da nota cantada e o aplicativo marcava, como na experiência I, a afinação mais próxima e o desvio da voz do ouvinte em relação àquela.

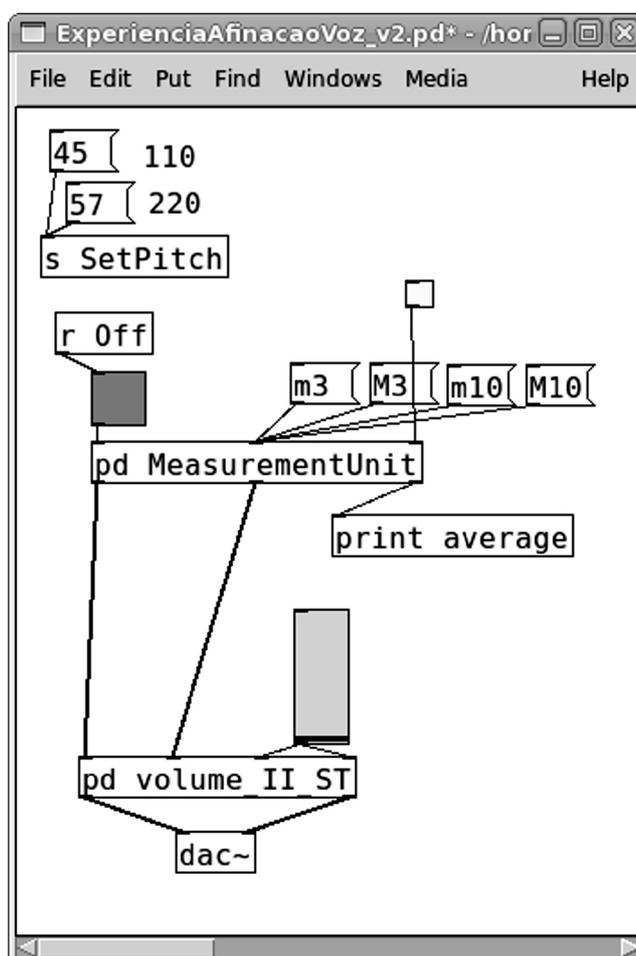


Figura 28: Experiência 3.

## 4.4 Experiência 4

Outra experiência, lidando com sons de instrumentos de afinação fixa, pedia que o ouvinte afinasse uma nota de piano ao intervalo testado acima de um som base sintetizado como na experiência I. Da mesma maneira, o aplicativo mostrava ao avaliador a afinação mais próxima e o desvio da nota do piano em relação àquela.

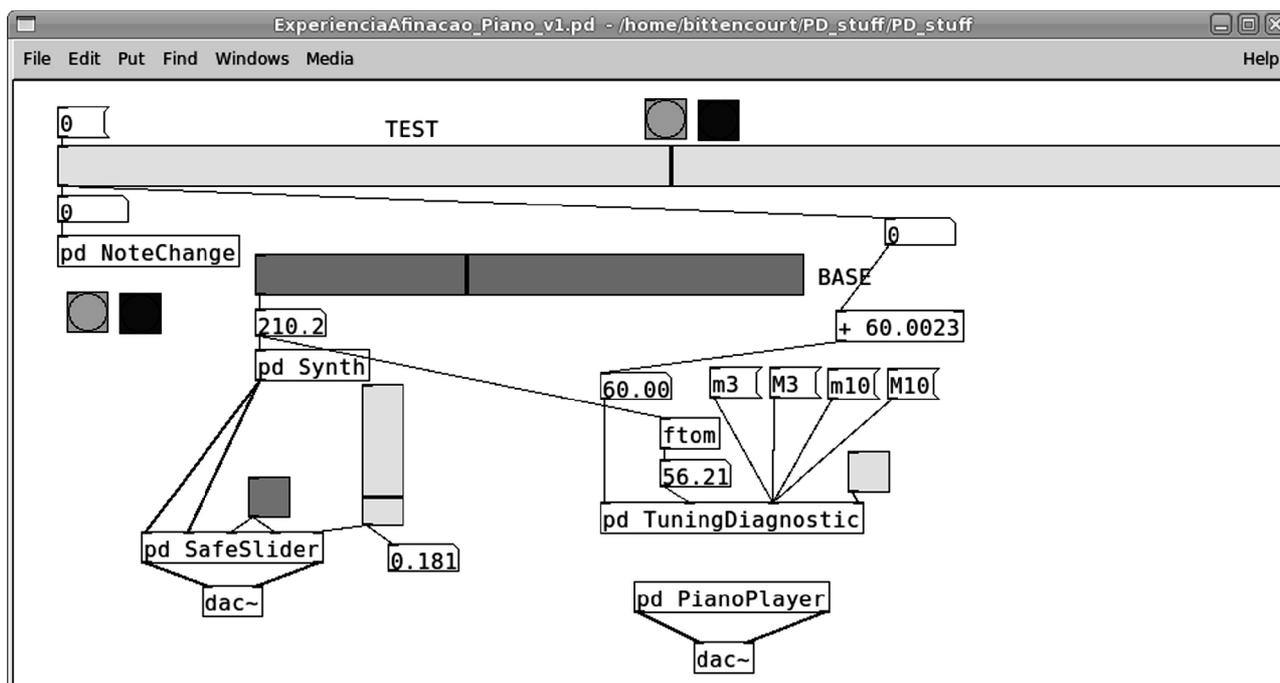


Figura 29: Experiência 4

Os parâmetros para a medição dos intervalos estão contidos na tabela abaixo.

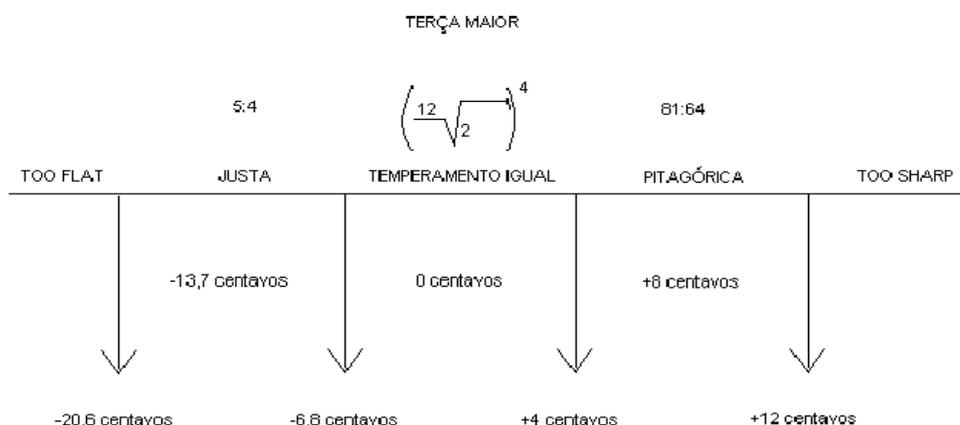


Figura 30: Áreas de afinação

A tabela mostra as áreas de afinação com seus limites calculados de forma coerente. Os valores dos testes se enquadram em alguma destas áreas. Temperamento igual, afinação justa, afinação pitagórica. Too flat (muito baixo) e too sharp (muito alto) são regiões onde os limites já estão ultrapassados e portanto desafinados.

## 5 Conclusão das Experiências

Os testes foram realizados com os alunos tentando ajustar os intervalos de terça maior e foram construídos no computador com o aplicativo Pure Data de Miller Puckette (PUCKETTE 1996). Os sons ouvidos foram sintetizados produzidos por computador conforme as explicações no item do teste 1. Nestes sons a série harmônica é totalmente estável e isso facilita a audição dos intervalos baseado no conforto para o ouvido do músico, ou seja, a escuta de batimentos entre os harmônicos fica bem explícita, o que possibilita a afinação mais precisa dos intervalos.

Quanto mais o som se apresenta sem batimentos, maior será a proximidade do intervalo da afinação justa, ou seja, mais próximo da série harmônica natural.

Podemos comparar o som sintetizado com o som produzido pelos instrumentos de afinação fixa, que têm sua série harmônica sem sofrer muitas deformações durante a vida do som e por este motivo qualquer desajuste por mais pequeno que seja na afinação fica muito perceptível nestes instrumentos, principalmente os de teclado. Para esta comparação utilizamos a experiência com o som de piano, a de número 4.

Por outro lado, a voz não produz uma série harmônica totalmente estável e por isso é mais difícil ouvir batimentos e ajustar de forma totalmente justa a afinação dos intervalos. Isto testamos com as experiências 2 e 3. Isto se intensifica imensamente quando tivermos um naipe cantando em uníssono (ver MENEZES 2004). Bill Alves (ALVES 1989) escreveu que Nicola Vicentino, corroborando com esta conclusão, dizia que a coma sintônica no canto é praticamente insignificante.

“...9:8 entre Dó e Ré no hexacórdio e entre Ré e Mi. Isto é normal na afinação justa, mas aparentemente a discrepância não perturbou Vicentino, que finalmente justificou isto dizendo que a diferença era insignificante, especialmente no canto...” (ALVES, 1989, p. 10)<sup>26</sup>

<sup>26</sup> “...9:8 between ut and ré in the hexachord and 10:9 between re and mi. This is normal in just tuning, but the discrepancy apparently disturbed Vicentino, who finally justified it by saying that the difference was insignificant, especially in singing...”

Apesar disso, os cantores procurarão afinar os intervalos de forma a deixá-los dentro da afinação justa, mas se levarmos em conta a variação natural da série harmônica da voz esta diferença da comma sintônica é perfeitamente tolerável. Ademais, o cérebro humano possui uma capacidade considerável de reconhecimento de padrões semelhantes (ver RIEMANN 1915). Assim, um intervalo afinado de maneira justa serve de modelo perfeito ao qual o cérebro concede um caráter de categoria. Quando ouve um intervalo mais ou menos parecido com aquele básico, o cérebro ainda assim o reconhece como pertencendo àquela categoria.

A posição da terça maior pode sofrer variação conforme seu propósito. Se esta estiver num acorde de Dominante encadeando com o de tônica, esta pode ser afinada mais alta e conseqüentemente mais próxima da afinação pitagórica para que a nota sensível fique mais próxima da Tônica que a sucederá (ver MENEZES 2004). Esta terça no acorde de Dominante causará mais tensão e realmente cumpre o propósito do acorde em criar mais tensão e fazer com que o próximo acorde, o de Tônica seja mais esperado e agradável. Já nas tríades em final de frase, como cadências perfeitas e semi-cadências, espera-se que a afinação tenda ao justo, com a terça maior mais baixa que a posição temperada igual.

## **6 Conclusão**

O presente trabalho teve como objetivo dar uma visão geral sobre a música no período renascentista dando um foco maior na questão da afinação bem como suas implicações na harmonia e no tratamento do texto.

Foi observado que o desenvolvimento da harmonia está totalmente relacionado com o sistema de afinação utilizado mediante o conceito de consonância e dissonância entre os intervalos e este por sua vez desencadeia no tratamento do texto.

Além do conceito de consonância e dissonância ter uma relação estreita com o tratamento do texto outro fator que contribuiu foi a mistura dos modos nas peças e a incorporação de elementos tonais que desencadeou no desenvolvimento da tonalidade. Esta mistura também se deu graças ao ajuste dos intervalos mediante a múltipla divisão da oitava gerada pelas incompatibilidades entre os sistemas de afinação estudados.

A mistura dos modos se valendo do conceito de Zarlino sobre “harmonia perfeita” deu origem a dicotomização dos modos, ou seja, foram enquadrados em maior e menor e este foi também uma evolução na questão da tonalidade.

Um fator interessante no trabalho foi a discussão proposta no confronto das idéias de Zarlino, que dizia que cantores sem acompanhamento instrumental intuitivamente cantariam em afinação justa, e Benedetto que contestava esta afirmação alegando que se isso acontecesse a peça

poderia terminar em outra altura sonora devido aos ajustes que deveriam ser feitos nos intervalos.

Baseado também nesta discussão e na curiosidade em saber como os músicos, instrumentistas e cantores percebem os intervalos atualmente foram realizadas algumas experiências para satisfazer esta curiosidade.

Conforme os resultados destas experiências conclui-se que no canto, que é a área onde o período renascentista é mais rico em repertório, a sensação de afinação é baseada também no conforto e sensação de bem estar concordando com o que escreveu Zarlino em que os cantores procurarão se aproximar ou se enquadrar na afinação justa. Ainda que a voz sofra alterações conforme comprovado nos testes o músico cantor reconhece a afinação através de padrões de afinação, ou seja, baseado na área de variação da voz o ouvido tende a reconhecer toda uma área de afinação como afinada ou confortável para o senso.

Aliás, o senso intuitivo, como atestam os escritos do filósofo Aristóxenus (ALVES 1989), deve ser o último julgador da música.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, Bill. The Just Intonation System of Nicola Vicentino. *Journal of the Just Intonation Network*, v. 5, n.2, p. 8-13, 1989.

BARBOUR, J. Murray. *Tuning and Temperament - A Historical Survey*. Michigan: Michigan State College Press, 1953.

BENSON, David J. *Music: A Mathematical Offering*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

BENSON, David J. *Music: A Mathematical Offering*. Aberdeen: University of Aberdeen, 2007 (Version Web).

GALILEI, Vincenzo. *Dialogo della musica antica et della moderna*. New York: Broude Brothers, 1967 (reimpressão do original de 1581).

KAUFMANN, Henry W.. Vicentino and the Greek Genera. *Journal of the American Musicological Society*, v. 6, n. 3, p. 325-346, 1963.

MENEZES, Flo. *A acústica musical em palavras e sons*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2004.

MICKELSEN, William C. *Hugo Riemann's Theory of Harmony: A Study*. Lincoln: University of Nebraska Press, 1977.

PUCKETTE, M.. "Pure Data: another integrated computer music environment". In: *International Computer Music Conference, 1996, San Francisco, EUA, Proceedings, ICMC, International Computer Music Association, 1996, pp. 269-272.*

PUCKETTE, M. and APEL, T.. "Real-time audio analysis tools for Pd and MSP". In: International Computer Music Conference, 1998, San Francisco, EUA, Proceedings, ICMC, International Computer Music Association, 1998, pp. 109-112.

RIEMANN, Hugo. History of Music Theory, Book III. Translated by William C. Mickelsen. In Mickelsen, Hugo Riemann's Theory of Harmony: A Study. Lincoln: University of Nebraska Press, 1977 [1898].

RIEMANN, Hugo. Ideas for a Study On the Imagination of Tone, (translated by Robert Wason and Elizabeth West Marvin). Journal of Music Theory 36/1, pp. 81-117, 1992 [1915].

VICENTINO, Nicola. L'antica musica ridotta alla moderna prattica – Ancient Music Adapted to Modern Practice. New Haven: Yale University Press, 1996 (tradução do original de 1555).

WIENPAHL. Robert W.. The Evolutionary Significance of 15th Century Cadential Formulae. Journal of Music Theory. v. 4, n. 2, p. 131-152, 1960.

WIENPAHL. Robert W.. Zarlino, the Senario and Tonality. Journal of the American Musicological Society, v. 12, n. 1, p. 27-41, 1959.

ZARLINO, Gioseffo. Dimostrationsi harmoniche. New York: Broude Brothers, 1965 (reimpressão do original de 1558).

ZARLINO, Gioseffo. Le istitutioni harmoniche. New York: Broude Brothers, 1965 (reimpressão do original de 1571).

# **A AFINAÇÃO JUSTA E PITAGÓRICA NOS TRATADOS DO PERÍODO RENASCENTISTA E SEU USO E INTERPRETAÇÃO NA MÚSICA CORAL**

Erico Bondezan (PIC/CNPq-UEM)

Marcus Alessi Bittencourt (Orientador), e-mail: [mabittencourt@uem.br](mailto:mabittencourt@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá/Centro de Ciências Humanas Letras e Artes

**Palavras-chave:** Afinação, harmonia, escalas, intervalos.

## **Resumo:**

Este trabalho apresenta conceitos teóricos sobre os sistemas de afinação musical Pitagórica e Justa de Limite 5 no Período Renascentista, bem como suas implicações na evolução da harmonia. As principais referências utilizadas são textos de autores dos séculos XV, XVI e XVII, além de comentários sobre estes textos em artigos musicológicos modernos. Com base na revisão teórica, constata-se que devido às diferenças dos limites dos diferentes tipos de afinação há algumas incompatibilidades entre os intervalos destes sistemas. Devido a estas incompatibilidades foram feitos experimentos a fim de testar como os músicos atualmente ouvem tais intervalos. Concluiu-se que o músico reconhece padrões de afinação baseado no conforto para o ouvido, procurando afinações onde ocorrem um menor número de batimentos nos intervalos. Em relação ao canto, a voz sempre sofre variações contínuas em seu espectro tímbrico, impossibilitando uma afinação precisa. De qualquer maneira, este conforto procurado faz com que o padrão reconhecido seja enquadrado dentro do sistema de afinação Justa de Limite 5, confirmando as opiniões dos teóricos renascentistas estudados.

## **Introdução**

O período renascentista foi muito rico e importante para a música, principalmente para a música vocal. A variedade das composições e estilos daquela época foi a base para a música dos períodos subsequentes na história da música. Por se tratar de um período antigo, não raramente esbarra-se em problemas no que diz respeito à interpretação de sua música. Vários conceitos da época foram e ainda são estudados para propor soluções que facilitem o acesso àquele repertório e, mais ainda, que possibilitem uma interpretação mais fiel e próxima do que os compositores e músicos antigos tinham em mente quando executavam suas músicas. Ao se deparar com o estudo do período renascentista os quesitos que mais saltam aos olhos são as teorias das prolações e os sistemas de afinação. O

presente trabalho focalizou na questão dos sistemas de afinação bem como suas implicações em algumas outras áreas como a evolução da harmonia e o tratamento do texto. O trabalho primeiramente realizou uma breve definição dos conceitos de série harmônica e os principais sistemas de afinação, descrevendo quais as semelhanças e diferenças entre eles. Depois fez a relação entre os sistemas e a evolução da harmonia identificando quais os detalhes que influenciaram a preferência dos compositores por este ou aquele sistema. Na comparação dos sistemas de afinação estudados, percebeu-se algumas incompatibilidades para as quais apontamos possíveis soluções. Também realizamos ainda algumas experiências para ilustrar os conceitos trabalhados no trabalho e assim comprovar algumas hipóteses, principalmente com relação ao canto. A seguir, incluo algumas definições importantes:

### *Afinação Pitagórica*

A Afinação pitagórica é um tipo de afinação justa de limite 3 (ver BENSON 2006 e MENEZES 2004) que considera como sendo afinados os três primeiros intervalos entre os quatro primeiros sons da série harmônica. Sendo eles a oitava justa, a quinta justa e a quarta justa natural. Destes, a quinta justa natural é o mais saliente e por isso configura-se a base para a construção da escala diatônica.

### *Afinação Justa*

A Afinação justa de limite 5 (ver BENSON 2006 e MENEZES 2004) considera como sendo afinados os 5 intervalos gerados entre os primeiros 6 sons da série harmônica. Sendo eles a quinta justa, a quarta justa, a terça maior e a terça menor, além é claro da oitava justa. As divergências entre este sistema e o Pitagórico encontram-se nos intervalos de terça maior e menor e sexta maior e menor, isto devido à escolha do limite.

### *Afinação e Harmonia*

Os sistemas de afinação foram importantíssimos no desenvolvimento da harmonia não só do período renascentista mas também para o decorrer da história da música. Isto aconteceu pois a escolha do sistema é que determina quais os intervalos que são consonantes e os que são dissonantes (ver WIENPAHL 1959, 1960 e KAUFMANN 1963). Este conceito também está ligado com a interpretação do texto através dos elementos musicais, tais como cromatismos (ver ALVES 1989). Entre os sistemas de afinação existem incompatibilidades entre alguns intervalos e isto é a base para que a oitava seja dividida em intervalos menores que um semitom. Estes são interessante nos ajustes da afinação conforme o propósito e o contexto em questão.

## **Materiais e Métodos**

A pesquisa foi desenvolvida a partir de leituras e fichamentos de textos teóricos históricos de autores dos séculos XV, XVI e XVII (tais como VICENTINO 1555 e ZARLINO 1558 e 1571), comentários sobre estes textos em artigos musicológicos modernos (tais como ALVES 1989, WIENPAHL 1959 e 1960 e KAUFMANN 1963), além de outros (MENEZES 2004 e BENSON 2006). Após, foram criadas experiências psicoacústicas para aferir a percepção intuitiva de afinação de músicos. Estas experiências foram montadas e conduzidas no Laboratório de Pesquisa e Produção Sonora (LAPPSO) da Universidade Estadual de Maringá por meio do software Pure Data (PUCKETTE 1996).

## **Resultados e Discussão**

A pesquisa propôs algumas experiências usando o programa Pure Data (PUCKETTE 1996) para medir de forma estatística como os músicos ouvem e classificam os intervalos atualmente. O principal teste se deu com músicos ouvindo um som fundamental sintetizado e, a partir deste, o indivíduo testado arrastava uma alavanca com o mouse do computador, reafinando e medindo um intervalo de terça maior tocado também com um som sintetizado. Os testes mostraram que nos sons sintetizados os batimentos entre os harmônicos dos dois sons são bem perceptíveis quando o intervalo não está afinado de forma justa. Então o músico reconhece o intervalo como afinado baseado no conforto para o ouvido, ou seja, procurando o desaparecimento dos batimentos. Através de medições no programa, percebe-se que o intervalo preferido pelos músicos testados aproxima-se sempre mais da afinação justa de limite 5.

## **Conclusões**

A voz naturalmente sofre algumas variações, o que já era conhecido desde a Renascença, e por este motivo é impossível uma afinação totalmente perfeita. A voz sempre sofre variações contínuas em seu espectro tímbrico, impossibilitando uma afinação precisa. Apesar disso, os cantores procurarão ainda assim uma sensação de conforto para o ouvido. Levando em consideração a variação da voz, o cérebro reconhece padrões de afinação, ou seja, uma área de afinação, e qualquer variação dentro dessa área é reconhecida ainda como sendo dentro de um modelo de afinação justo, confirmando as opiniões dos teóricos renascentistas estudados.

## Referências

ALVES, Bill. The Just Intonation System of Nicola Vicentino. *Journal of the Just Intonation Network*, v. 5, n.2, p. 8-13, 1989.

BENSON, David J. *Music: A Mathematical Offering*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

KAUFMANN, Henry W.. Vicentino and the Greek Genera. *Journal of the American Musicological Society*, v. 6, n. 3, p. 325-346, 1963.

MENEZES, Flo. *A acústica musical em palavras e sons*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2004.

PUCKETTE, M.. "Pure Data: another integrated computer music environment". In: *International Computer Music Conference, 1996, San Francisco, EUA, Proceedings, ICMC, International Computer Music Association, 1996*, pp. 269-272.

VICENTINO, Nicola. *L'antica musica ridotta alla moderna prattica – Ancient Music Adapted to Modern Practice*. New Haven: Yale University Press, 1996. (tradução do original de 1555).

WIENPAHL. Robert W.. The Evolutionary Significance of 15th Century Cadential Formulae. *Journal of Music Theory*. v. 4, n. 2, p. 131-152, 1960.

WIENPAHL. Robert W.. Zarlino, the Senario and Tonality. *Journal of the American Musicological Society*, v. 12, n. 1, p. 27-41, 1959.

ZARLINO, Gioseffo. *Dimostrazioni harmoniche*. New York: Broude Brothers, 1965 (reimpressão do original de 1558).

ZARLINO, Gioseffo. *Le istituzioni harmoniche*. New York: Broude Brothers, 1965 (reimpressão do original de 1571).