

# Estruturas Lineares e Não-Lineares na Criação de Modos e Padrões Rítmicos

Gabriel D'Incao<sup>1</sup>, Artemis Moroni<sup>2</sup>

g253628@dac.unicamp.br, artemis.moroni@cti.gov.br

<sup>1</sup>Música - Instituto de Artes - Universidade de Campinas - UNICAMP

<sup>2</sup>Divisão de Sistemas Ciberfísicos – DISCF  
CTI/MCTI Renato Archer – Campinas/SP

**Abstract.** This article proposes a structural approach for the creation of modes and rhythmic patterns, exploring both linear and non-linear approaches. It begins with the presentation of Euclidean rhythmic patterns and discusses the inherent linearity in them, suggesting breaking the straight line through the overlap of another pattern that defines the temporal field. The same logic is applied to the creation of musical modes. The text emphasizes the predominance of linearity in the dimensions of time and pitch in classical music culture and aims to present the mathematical principle in its pure form, without leading towards an aesthetic direction.

**Resumo.** O presente artigo propõe uma abordagem estrutural para a criação de modos e padrões rítmicos, explorando abordagens lineares e não-lineares. Inicia-se com a apresentação de padrões rítmicos euclidianos, e discute a linearidade inerente a eles, sugerindo a quebra da linha reta por meio da sobreposição de outro padrão que define o plano temporal. A mesma lógica é aplicada à criação de modos musicais. O texto enfatiza a predominância da linearidade nas dimensões do tempo e das alturas na cultura musical erudita, e possui como objetivo expor o princípio matemático de forma pura, sem induzir a uma direção estética.

## 1. Introdução

O presente artigo propõe uma ótica estrutural para a criação de modos e padrões rítmicos, comparando abordagens lineares e não-lineares. Na primeira sessão o autor expõe uma técnica de geração de padrões rítmicos matematicamente satisfatórios, os padrões euclidianos. Em seguida, discorrerá sobre a natureza linear desse padrão, e explicará a ideia de quebrar essa linearidade com outros padrões sobrepostos. Por fim, fará o mesmo com a criação de modos lineares e não lineares.

O enfoque geral do texto é apresentar a natureza linear imposta nas dimensões do tempo e das alturas pela cultura erudita. O trabalho não discorre diretamente sobre essa influência, e evita idealizar qualquer tipo de direção estética na utilização do sistema, para apresentar somente o princípio matemático a ser utilizado. Isso de uma forma sem a influência do mercado, como o que aconteceu com o lançamento de Switched-on Bach (1968), definindo o que a ferramenta deveria fazer, que neste caso foi a simplificação do sintetizador a um sistema de replicações de outros instrumentos, e desassociou o universo da síntese no coletivo cultural de timbres e estéticas com caráter

experimental, muito por conta do pensamento linear que temos o costume de pensar na teoria musical.

## 2. Rítmos Euclidianos

Este termo, cunhado por Godfried Toussaint (2005), refere-se a sequências rítmicas geradas ao transformar padrões euclidianos em informações de ataque e repouso. Tais padrões são gerados a partir do procedimento matemático de distribuir certo número de eventos, de forma mais igualmente possível, dentro de uma sequência binária com tamanho determinado.

Digamos que queremos distribuir igualmente 5 eventos em uma sequência de tamanho 13. Eis o procedimento matemático proposto por Bjorklundano):

Começamos considerando a sequência contendo cinco "X" (ataque), seguido por oito "•" (repouso).

[XXXXX ••••••• ]

Em seguida, movemos os "•", os colocando depois de cada "X":

[X • ][X • ][X • ][X • ][X • ][• ][• ][• ]

Repetimos esse processo até que sobre apenas uma sequência de resto, ou acabem os "•".

[X • • ][X • • ][X • • ][X • ][X • ]  
[X • • X • ][X • • X • ][X • • ]

A sequência final é a concatenação de [X • • X • ], [X • • X • ] e [X • • ]:

[X • • X • X • • X • X • • ]

Outro exemplo mais simples é o espaçamento de 3 eventos em uma sequência de tamanho 8:

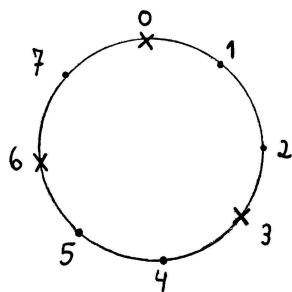
[XXX • • • • • ]  
[X • ][X • ][X • ][• ][• ]

$[X \cdot \cdot ] [X \cdot \cdot ] [X \cdot ]$

$[X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot ]$

A descoberta de Toussaint, a qual é o tema de seu artigo (2005), foi que esses padrões, além de se relacionarem à física, aceleradores de Nêutrons, e teoria das cordas, também estão presentes na música, representando rítmos tradicionais de diversas culturas através do globo. O segundo exemplo também pode ser representado de forma cíclica, e é o mesmo padrão encontrado no "tresillo" cubano:

$[X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot ]$



**Figura 1. Representação cíclica do padrão euclidiano P(3, 8, [1])**

Muitos dos padrões encontrados em sua pesquisa estão "rotacionados", ou seja, defasados com relação ao pulso de um padrão rítmico. Por essa razão, é comum encontrar essa variável em ferramentas que geram ritmos euclidianos. Eis um exemplo de rotação, no padrão gerado a partir de 5 eventos em uma sequência de tamanho 16

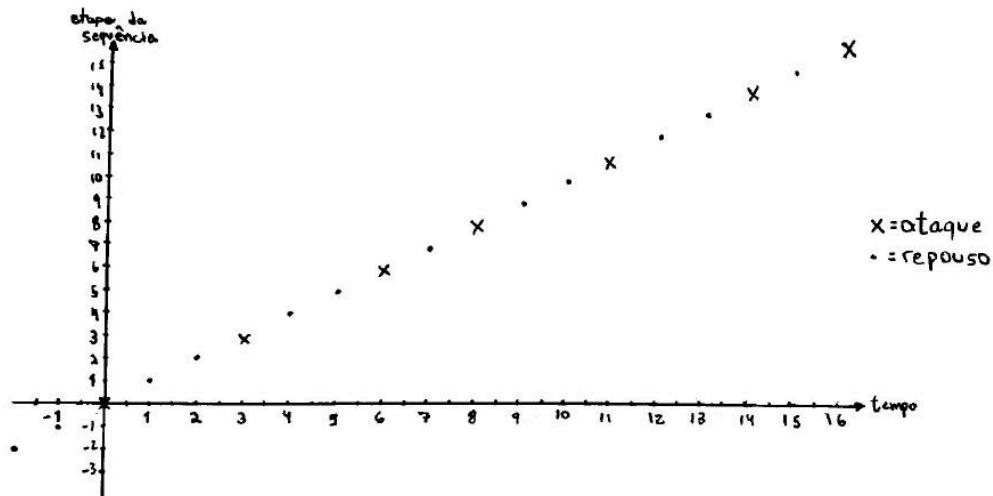
$[X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot \cdot \cdot]$  (padrão euclidiano)

$[X \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot \cdot \cdot X \cdot \cdot X \cdot \cdot]$  (mesmo padrão rotacionado = "Bossa Nova")

Com essa, temos um total de 3 variáveis responsáveis por gerar os padrões rítmicos. São elas:  $k$  (número de ataques),  $n$  (tamanho da sequência) e  $r$  (rotação do padrão). No entanto, proponho a existência de uma 4a dimensão, que expande as possibilidades rítmicas à grandezas próximas ao infinito.

## 2.1 Ritmos Euclidianos Não-Lineares

As células que compõem os padrões rítmicos gerados pelo sistema descrito acima são uniformes, ou seja, cada etapa da sequência indica se a célula é um ataque ou repouso, mas todas equidistam entre si. Logo, suas informações progridem linearmente no tempo.

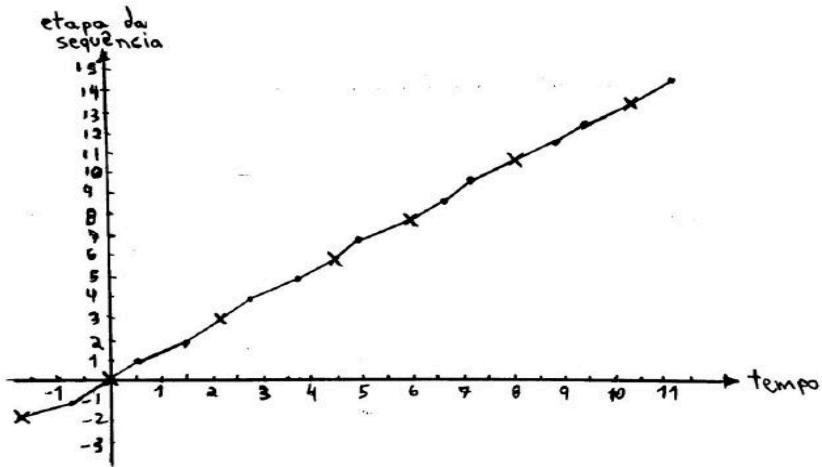


**Gráfico 1.** Representação gráfica do padrão euclidiano  $P(3, 8, [1]) = 3$  ataques em uma sequência de 8 etapas com valor temporal uniforme (1).

Podemos quebrar essa linearidade ao deslocar a localização temporal das etapas da sequência euclidiana. Isso é feito ao sobrepor essa a outra sequência, que tem em suas células a indicação de quanto tempo "dura" a etapa à qual foi pareada.

Etapa da sequência euclidiana	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	[...]
Ataque/reposo	x	.	.	x	.	.	x	.	x	.	.	x	.	.	x	.	[...]
Tempo	0,5	1	0,75	0,5	1	0,75	0,5	1	0,75	0,5	1	0,75	0,5	1	0,75	0,5	[...]
Etapa da sequência temporal	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	[...]

**Tabela 1.** Sobreposição da sequência euclidiana com outra, que indica a duração da etapa no plano temporal.



**Gráfico 2. Representação gráfica do padrão euclidiano  $P(3, 8, [0.5, 1, 0.75]) = 3$  ataques em uma sequência de 8 etapas com valor temporal não uniforme, inscrito sobre o padrão  $[0.5, 1, 0.75]$ .**

A sobreposição dessas sequências resulta em padrões maiores e mais complexos quando seus tamanhos são números relativamente primos (valores que possuem 1 como único divisor inteiro comum), como no caso do exemplo acima (8 e 3).

É interessante explorar, também, a liberdade rítmica possibilitada pelo fato de que os valores da sequência temporal não precisam ser múltiplos uns dos outros, como no caso da escrita tradicional, que te obriga a produzir dentro de um espaço com valores divisíveis e múltiplos de números inteiros.

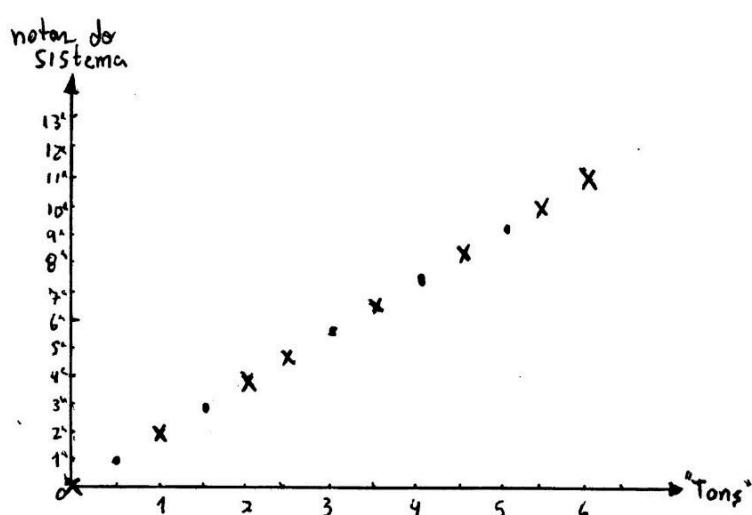
Este é um método para criação de padrões que possuem simetria e repetição mas não estão restritos a geometrias lineares, uniformes. Para isso, pouco importa o tipo de sistema que gera a sequência de ataques e repousos, portanto, vejo relevância em ressaltar que o padrão euclidiano não é essencial para a exploração desse conceito, ele é apenas um modo de construção de padrões matematicamente satisfatórios, mas que devem ser manipulados para que a fábrica da superfície rítmica deixe de ser reta, a fim de explorar um novo universo musical.

### 3. Modos Lineares

Assim como no campo rítmico, a dimensão das alturas (frequências) também foi restrita a estruturas lineares. Em 1639, Marin Mersenne, um monge e matemático francês (publicou um livro chamado *Harmonie Universalle*, onde propôs um sistema de afinação onde todas as notas equidistariam entre suas vizinhas, de forma a dividir uma oitava em 12 partes iguais (Denton, 1996). Isso surge partindo da ideia de uniformizar a cor de todas as tonalidades, permitindo a modulação para qualquer centro tonal. Após algumas décadas, principalmente depois da popularização do piano, passou-se a utilizá-lo como

padrão para a afinação de todos os instrumentos da orquestra, por uma necessidade dos compositores, que começavam a explorar as novas possibilidades do tonalismo sobre essa nova ótica do sistema temperado.

As estruturas modais deixaram de se basear em relações matemáticas, harmônicas, de razões por números inteiros, para adentrar num campo linear, construído a partir da divisão da 8va. As notas disponíveis pelo sistema passaram a ser diretamente proporcionais ao "tom", unidade equivalente a  $\frac{1}{6}$  de 8va, e o campo das frequências se tornou uniforme, baseado no "tonalismo".



**Gráfico 3. EM[X • X • XX • X • X • X], [0.5] -> Estrutura modal gerada a partir da sequência binária [X • X • XX • X • X • X], inscrita no plano linear do padrão linear [0.5] (tons). Essa é a estrutura geradora de todos os "modos naturais", ou "modos gregos", principal material do tonalismo**

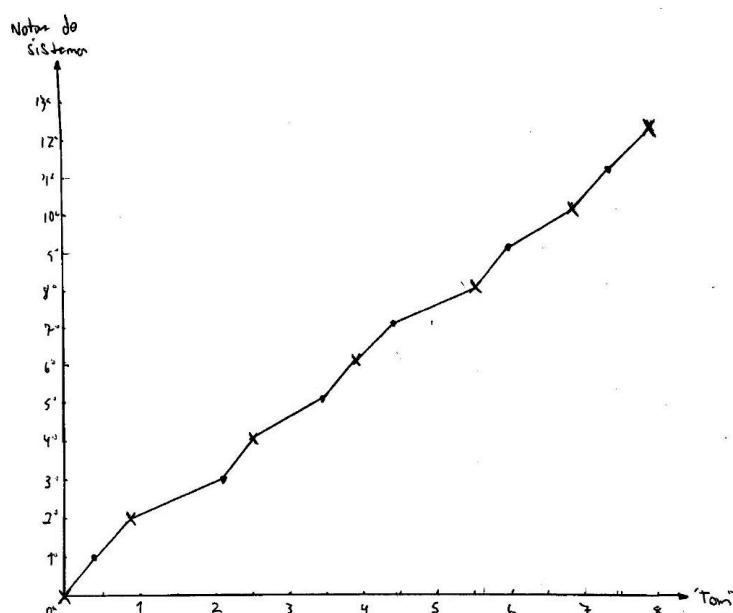
Outros sistemas de afinação mais flexíveis foram propostos e explorados, principalmente no século XX, como o sistema temperado de Harry Patch (1901 - 1974), que construiu diversos instrumentos com o seu sistema de afinação, que dividiu a 8va em 43 sons distintos (Porres, 2005), mas a maioria sempre possuía uma estrutura linear, e ainda, baseavam-se na ideia da repetição dos padrões modais idênticos em registros distintos, ou seja, possuindo tamanho total sempre cravado na distância de uma 8va, que veremos como não essencial para geração de estruturas modais.

### 3.1 Modos Não-Lineares

Vale ressaltar, antes de abandoná-lo, que o sistema do temperamento igual mais ajudou que atrasou nosso entendimento do universo musical. É verdade que restringiu o campo das frequências, mas foi através dele que desabrochou o tonalismo, que por sua vez, nos libertou de restrições muito mais rígidas, e permitiu a exploração de estéticas completamente distintas, expandindo as possibilidades de expressão humana no campo sonoro.

No entanto, esse sistema de afinação linear se enraizou de tal forma no ouvido ocidental, que se distingue certo e errado para notas que estão dentro ou fora dele, quando na verdade - apesar de ser válido -, é apenas um dos possíveis conjuntos arbitrários e harmonicamente imperfeitos de frequências, e existem infinitos outros, que seguem desconhecidos pela humanidade.

É possível explorar este vasto universo de estruturas através da criação (ou descoberta) de modos gerados a partir da repetição cíclica de um padrão de intervalos, ou seja, uma sequência de valores indicativos da distância entre as notas do sistema, que se repete quando chega ao seu fim. As estruturas modais construídas por esse processo são não-lineares quando os valores da sequência não são todos múltiplos ou divisíveis entre si.



**Gráfico 4. EM[X • ], [0.4, 0.5, 1.2, 0.4, 1] -> Estrutura modal gerada a partir da sequência binária [X • ], inscrita no plano não-linear construído pelo padrão de intervalos [0.4, 0.5, 1.2, 0.4, 1].**

É interessante destacar duas características do modo descrito no exemplo acima: o tamanho da sequência que define a posição das notas disponíveis no plano das frequências é relativamente primo ao tamanho da sequência que descreve quais notas são selecionadas dentre as disponíveis (5 e 2), fazendo com que a estrutura modal se repita depois de 2 ciclos da sequência de intervalos; os valores dessa sequência somam 3.5 tons, ou seja, o padrão possui tamanho menor que uma 8va, fazendo com que cada registro possua seu próprio grupo de frequências, que ainda respeita a estrutura intervalar.

Essa abordagem carrega em si uma definição de "modo" que dispensa a noção de um centro tonal, uma vez que as notas não precisam se repetir nos diferentes registros, dificultando a percepção de uma frequência "fundamental". O modo se torna apenas a sobreposição de duas sequências cíclicas: uma que define a distância entre entre as notas disponíveis, e outra que escolhe, dentre essas, as que "podem" ser tocadas. Mas vale destacar que, assim como nos ritmos euclidianos não-lineares, o interessante a ser explorado é justamente a não-linearidade dos métodos, é a exploração de valores que não são múltiplos entre si, criando um plano não uniforme, que possibilita a criação de ambientes modais que ampliam as possibilidades de expressão humana no campo sonoro. É uma maneira de explorar o plano das frequências sem as limitações impostas pela realidade dos instrumentos acústicos, mas ainda mantendo um critério lógico reconhecível pelo ouvido humano.

#### **4. Conclusão**

A racionalidade humana, e a tendência que temos de organizar os fenômenos da natureza de forma lógica e previsível fez com que se tornasse atraente uma abordagem linear e uniforme para organizar elementos que compõem a expressão sonora, principalmente na dimensão rítmica e das frequências. Adotamos sistemas baseados na uniformidade das distâncias, criando espaços lineares, o que permitiu o desenvolvimento de um sistema único, utilizado por todos os instrumentos e artistas. Isso foi ótimo para o desabrochamento do tonalismo, que engrandeceu nosso entendimento do fenômeno sonoro, mas viciou o ouvido ocidental, e esquecemos que os sistemas que criamos são arbitrários e imperfeitos, como qualquer outro.

Em uma tentativa de explorar novos universos musicais, foi proposto dois sistemas para criação de novas estruturas rítmicas e modais. Ambas são baseadas no processo de sobreposição de duas sequências cíclicas, uma que define um padrão para as distâncias dos elementos disponíveis (tempo ou frequência), e outra que descreve quais, dentre essas, serão escolhidas. Esse método permite a criação de ritmos e modos não-lineares, ou seja, que estão inseridos em um plano onde as distâncias não são regidas pela necessidade de possuir valores que são múltiplos ou divisíveis entre si, possibilitando assim a descoberta de novos ambientes sonoros.

#### **Referências**

- Toussaint, Godfried (2005) “The Euclidian Algorithm Generates Traditional Musical Rythms”, <https://cgm.cs.mcgill.ca/~godfried/publications/banff.pdf>, August.
- Denton, Christine (1996) “The History of Temperament and Pitch Before 1750”, <https://www.christidenton.com/writing/tuningpre1750.pdf>, September.
- Torres, P., Alexandre, and Manzolli, Jônatas (2005) “Sistemas de Afinação: Um Apanhado Histórico”, <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/smct/n1/n1a15.pdf>, August.