



## A Matemática na Música Clássica

Emily Kauane de Oliveira Tormes<sup>1</sup>

**Instituição:** Escola Estadual de Ensino Médio Ruy Barbosa

**Modalidade:** Relato de Extensão

**Eixo Temático:** Matemática e suas Tecnologias

### Introdução

A matemática é a ciência mais bela. Se ela não exprime a verdade, então é a linguagem particular do ser humano, pois é na arquitetura, nas invenções tecnológicas, na filosofia, na arte e na música que ela se exprime. A matemática sempre terá um lugar na nossa essência compreensiva.

Percebe-se que a música é 70% matemática e 30% “comunicação da alma”, independentemente de ser música erudita ou não. Em sua essência, a música é lógica; não existe música sem partitura, sem ritmo e sem estrutura, com exceção das experimentais. Mas por mais que todas as músicas em essência são lógicas, porque a erudita é tão virtuosa? Porque ela é a que mais abusa da matemática. Em comparação, o funk seria uma conta de vezes e a erudita um cálculo fatorial, os dois têm raízes profundas, mas um todo mundo compreende, e o outro, só se admira a beleza e a quem consegue executa-la. A simplicidade não é ruim, é particular, mas ela não exprime o universo, e por isso que o estudo sobre a matemática da música clássica é importante.

O objeto de estudo nesse artigo é Johann Sebastian Bach, pois os padrões e estruturas matemáticas na música são amplamente reconhecidos. Muitas abordagens foram adotadas na análise matemática de sua obra, destacando-se algumas como especialmente intrigantes.

Pesquisadores exploraram a aplicação da teoria de redes para analisar suas composições, representando partituras como redes de nós (notas) e arestas (transições entre notas). Descobriu-se que as tocatas e prelúdios de Bach exibem maior entropia de informação em comparação com redes geradas aleatoriamente, indicando uma riqueza de surpresas e

<sup>1</sup> Emily Kauane de Oliveira Tormes, [emily-6523550@educar.rs.gov.br](mailto:emily-6523550@educar.rs.gov.br), estudante Ensino Médio



complexidade em suas peças voltadas para o instrumento piano. Por outro lado, os corais, destinados ao canto congregacional, mostram redes mais esparsas em informação, mas ainda assim mais ricas do que redes aleatórias <sup>1</sup>.

Além disso, a música de Bach demonstra diversas formas de simetria, como inversão e transposição, que podem ser interpretadas como operações de grupo na teoria dos grupos — a estrutura matemática que estuda simetrias. Essas simetrias são fundamentais para as técnicas composicionais de Bach, contribuindo significativamente para a beleza estrutural de suas composições.

## Método

Neste estudo, adota-se uma abordagem interdisciplinar para investigar a presença e a aplicação de conceitos matemáticos nas composições de Johann Sebastian Bach. A análise concentra-se em identificar e explorar os padrões estruturais e numéricos que subjazem às suas obras musicais. Este método combina teoria musical, análise matemática e estudos de padrões para demonstrar a complexidade e a precisão matemática nas obras de Bach.

## Seleção do Corpus

Selecionamos um corpus representativo das obras de Bach que inclui suas fugas, cânones e variações, com foco particular no *O Cravo Bem Temperado* e na *Oferenda Musical*. Essas peças são conhecidas por suas estruturas rigorosas e uso extensivo de técnicas contraponísticas, tornando-as ideais para uma análise matemática detalhada.

## Resultado:

### Bach-Entropia versus Caminhada Aleatória

Para quantificar a informação na música de Bach, os pesquisadores aplicam a entropia de caminhadas aleatórias em redes de transições de notas. Nessa abordagem, cada nota é representada como um nó e cada transição entre notas como uma aresta na rede. Cada composição de Bach é concebida como uma rede onde o tom e a duração de cada nota contribuem para a estrutura global. Essa representação permite capturar a complexidade e a organização das composições musicais. A entropia dessas redes é então calculada utilizando o conceito de caminhadas aleatórias, que são sequências de passos aleatórios entre nós. A entropia de uma caminhada aleatória reflete a imprevisibilidade ou aleatoriedade do percurso na rede. Em termos da música de Bach, uma entropia mais alta sugere um maior número de caminhos possíveis (ou transições de notas), indicando uma estrutura intrincada e uma riqueza de informações nas composições.



## Ritmo e Métrica

A música de Bach é organizada em compassos e batidas, oferecendo uma estrutura temporal precisa que pode ser descrita matematicamente, como demonstrado em suas peças, nas quais tem clareza rítmica, como nas fugas e nos prelúdios. Em obras como "O Cravo Bem Temperado", Bach explora polirritmias, sobrepondo ritmos contrastantes (como 3/4 e 4/4) <sup>3</sup>.

## Harmonia e Escalas

Bach utiliza intervalos musicais fundamentais, como a oitava (com a razão matemática 2:1) e ressoam a quinta perfeita (razão 3:2), para construir harmonias com equilíbrio e consonância matemática. Além disso, a escala cromática de Bach, composta por 12 tons igualmente espaçados, reflete uma aplicação direta de sequências matemáticas na construção da música tonal <sup>3</sup>.

## Sequências e Progressões Harmônicas

As progressões de acordes em Bach seguem padrões definidos, como a progressão I-IV-V-I, estabelecendo uma ordem harmônica coerente ao longo de suas composições. Ele também utiliza sequências melódicas e harmônicas que seguem padrões de transposição e modulação, criando desenvolvimentos musicais que podem ser tanto previsíveis quanto inovadores <sup>3</sup>.

## Teoria dos Conjuntos

Os padrões de pitch, ou altura das notas, utilizados por Johann Sebastian Bach em suas composições são notáveis pela sua clareza estrutural e pela maneira como são empregados para criar harmonia. Bach explorou profundamente as relações intervalares e as progressões tonais, utilizando uma variedade de técnicas <sup>1</sup>.

## Relações Intervalares e Progressões Tonais

Bach era mestre em manipular intervalos musicais para construir suas composições. Ele utilizava intervalos como a oitava (razão 2:1), a quinta perfeita (razão 3:2) e outras relações matemáticas para estabelecer uma estrutura harmoniosa e coerente em suas obras. Esses intervalos não apenas criavam harmonia tonal, mas também proporcionam uma base sólida para o desenvolvimento melódico e contrapontístico <sup>3</sup>.

## Contraponto e Polifonia

O contraponto em Bach envolve a combinação de várias vozes melódicas independentes que, juntas, formam uma harmonia complexa. Cada voz segue seu próprio caminho melódico, mas harmoniza com as outras de maneira matematicamente precisa.



Isso é evidente em suas fugas e em peças como "O Cravo Bem Temperado", onde diferentes vozes se entrelaçam em padrões intrincados de imitação e desenvolvimento temático<sup>3</sup>.

### Análise Filosófica da Música Clássica

Arthur Schopenhauer, em *O Mundo como Vontade e Representação*, atribui à música um papel privilegiado na expressão direta da "vontade", uma força cega e irracional subjacente à realidade. Para Schopenhauer, a música transcende as outras artes ao capturar essa vontade em si mesma, sem representar imagens do mundo fenomênico. Ele diferencia sua visão de Kant ao enfatizar a expressão emocional e não conceitual da música<sup>2</sup>.

Eduard Hanslick Eduard Hanslick, em *Sobre o Musicalmente Belo*, defende um formalismo estrito na estética musical. Ele argumenta que a música é uma manifestação puramente tonal e formal, sem capacidade intrínseca de expressar emoções ou conceitos. Hanslick rejeita a ideia de que a música possa transmitir sentimentos específicos, limitando seu valor estético à beleza formal e ao desenvolvimento harmônico<sup>2</sup>.

Edmund Gurney, influenciado pela teoria evolucionária de Darwin, explora a origem biológica da música como um impulso evolutivo para atrair parceiros. Ele conecta a música à excitação emocional original, argumentando que suas raízes biológicas sustentam uma profunda ligação com as emoções humanas. Em síntese, Gurney vê a música clássica como uma sublimação desse impulso primitivo, destacando sua capacidade de provocar prazer profundo e autossuficiente<sup>2</sup>.

### Síntese das Teorias do Significado Musical

#### Teoria de Deryck Cooke e Críticas de Malcolm Budd e Roger Scruton

Cooke propõe que a música clássica do período da Prática Comum contenha padrões tonais que evocam respostas emocionais específicas. Ele sugere um vocabulário emocional básico na música, derivado dos princípios tonais, como uma base para entender seu conteúdo emocional. Cooke é criticado por Budd e Scruton, que argumentam que interpretar a música como uma linguagem emocional é inadequado, pois a música carece de uma estrutura sintática e semântica. Eles contestam a ideia de que a música transmite emoções do compositor ao ouvinte, enfatizando que o valor estético da música reside na experiência auditiva em si<sup>2</sup>.

#### Teoria de Leonard Meyer e Significado Intermusical de Malcolm Budd

Leonard desenvolve a teoria de que o significado musical é construído através de expectativas criadas por relacionamentos antecedente-consequentes na estrutura musical. Ele distingue entre "significado incorporado", baseado em expectativas musicais, e





"significado designativo", que se refere a conteúdos extramusicais culturalmente estabelecidos. Meyer é criticado por Budd, que propõe o conceito de "significado intramusical", enfatizando que o significado musical está contido na estrutura auditiva percebida pelo ouvinte educado. Budd amplia a definição de significado musical para abranger todos os relacionamentos significativos percebidos na música, não apenas aqueles baseados em expectativas antecedente-consequentes <sup>2</sup>.

### Teorias do Simbolismo Musical de Suzanne Langer e Nelson Goodman

Suzanne Langer aborda a música como símbolos de apresentação não consumados que simbolizam a forma, mas não o conteúdo, dos sentimentos. Ela argumenta que a música é uma abstração formal de experiências emocionais, uma visão que Roger Scruton contesta por reduzir a música à semelhança formal com processos emocionais. Nelson Goodman, por sua vez, desenvolve a teoria de exemplificação, onde obras de arte simbolizam por meio de predicação metafórica. Monroe Beardsley aplica esse conceito à música, exemplificando como uma sonata pode exemplificar um caráter específico através de seus movimentos <sup>2</sup>.

### Conclusão:

A matemática transcende os limites das ciências exatas, encontrando expressões profundas na arte, na música e na filosofia. A música, especialmente a erudita, exemplifica essa interseção ao combinar lógica matemática com a comunicação emocional da alma, demonstrando como a simplicidade e a complexidade coexistem para criar beleza. Assim, a matemática não só enriquece nossa compreensão das obras de Bach, mas também demonstra sua universalidade.

Se a matemática não for uma linguagem descoberta, ela é a linguagem intrínseca do ser humano, em outras palavras, a música clássica, com sua complexidade e riqueza estrutural, é uma manifestação profunda do potencial criativo humano.

### Referências:

1. Vaseghi Sam. Bach's Invisible Architecture: The Mathematical Underpinnings of a Musical Genius. Medium. 19 de Fev. de 2024. Disponível em: <<https://medium.com>>.
2. Bazemore Michael. The Aesthetics of Classical Music. The Internet Encyclopedia of Philosophy (IEP). Disponível em: <<https://iep.utm.edu/>>.
3. Hofstadter Douglas. Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid. 5 de fev. 1999. Disponível em: <<https://archive.org/>>.