Análise computacional da distribuição de alturas em corais de Bach: um estudo do bwv 66.6 através de ferramentas de musicologia digital

Vitor Amadeu Souza[1]; 0009-0002-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
vitor.amadeu@foa.org.br

Resumo: Este trabalho apresenta uma análise computacional da distribuição de alturas no coral de Bach BWV 66.6, utilizando ferramentas de musicologia digital. Através da biblioteca music21 em Python, foram extraídas e analisadas as características melódicas da voz de soprano, investigando padrões de distribuição de alturas e contornos melódicos. Os resultados revelam uma concentração significativa de notas na região central da tessitura vocal, com predominância das alturas MIDI 66 e 70, correspondentes às notas Fá sustenido 4 e Lá sustenido 4. A metodologia empregada demonstra a eficácia das ferramentas computacionais para análise musical quantitativa, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos padrões composicionais barrocos. O histograma de distribuição apresenta uma configuração multimodal, evidenciando as preferências tonais características do estilo coral bachiano. Este estudo contribui para o campo emergente da musicologia digital, oferecendo uma perspectiva quantitativa sobre as práticas composicionais do período barroco.

Palavras-chave: Musicologia digital. Análise computacional. Bach. Coral. Distribuição de alturas.

INTRODUÇÃO

A musicologia digital tem emergido como uma disciplina fundamental na análise musical contemporânea, oferecendo ferramentas computacionais sofisticadas para o estudo de repertórios musicais históricos (Huron, 2006). A aplicação de métodos quantitativos na análise musical permite uma compreensão mais objetiva e sistemática dos padrões composicionais, complementando abordagens tradicionais de análise musical (White, 2013). Johann Sebastian Bach (1685-1750) representa um dos compositores mais estudados através dessas novas metodologias, particularmente seus corais, que constituem um corpus homogêneo e amplamente disponível para análise computacional (Temperley, 2009).

Os corais de Bach têm sido objeto de extensa investigação musicológica, não apenas por sua importância histórica e estética, mas também por apresentarem padrões estruturais consistentes que se prestam à análise quantitativa (Rohrmeier, 2011). O BWV 66.6, coral que encerra a cantata "Erfreut euch, ihr Herzen", exemplifica as características típicas do estilo coral bachiano, apresentando uma estrutura harmônica clara e uma condução de vozes que reflete os princípios do contraponto barroco (Wolff, 2001). A análise da distribuição de alturas em corais oferece insights valiosos sobre as práticas composicionais do período, revelando padrões que podem não ser imediatamente perceptíveis através da análise auditiva tradicional (Temperley & Sleator, 1999).

A music21, biblioteca desenvolvida no Massachusetts Institute of Technology (MIT), representa uma das ferramentas mais avançadas para análise musical computacional, oferecendo recursos abrangentes para parsing, análise e visualização de dados musicais (Cuthbert & Ariza, 2010). Sua utilização em pesquisas musicológicas tem crescido exponencialmente, permitindo análises em larga escala de repertórios musicais diversos (Conklin, 2002). A capacidade de extrair informações precisas sobre alturas, durações e relações harmônicas torna esta ferramenta particularmente adequada para estudos quantitativos de música tonal (Quinn, 2010).

A análise da distribuição de alturas constitui uma abordagem fundamental na musicologia computacional, oferecendo informações sobre centros tonais, ambitus vocal e padrões melódicos característicos (Krumhansl, 1990). Estudos anteriores têm demonstrado que a

distribuição de alturas em música tonal apresenta padrões estatísticos específicos, refletindo as estruturas harmônicas subjacentes e as práticas estilísticas de diferentes períodos históricos (Albrecht & Shanahan, 2013). No contexto dos corais de Bach, essa análise revela aspectos importantes sobre a condução melódica e as relações entre diferentes vozes (Ebcioğlu, 1988).

O presente estudo visa contribuir para o entendimento quantitativo do estilo coral bachiano através da análise computacional do BWV 66.6, investigando especificamente os padrões de distribuição de alturas na voz de soprano e suas implicações para a compreensão dos princípios composicionais barrocos. A metodologia empregada combina técnicas de extração de dados musicais com análise estatística descritiva, oferecendo uma perspectiva complementar aos estudos musicológicos tradicionais.

MÉTODOS

A metodologia empregada neste estudo baseia-se na análise computacional de dados musicais extraídos através da biblioteca music21 versão 9.7.1, executada em ambiente Python 3.12. O coral BWV 66.6 foi selecionado do corpus integrado à biblioteca, que oferece uma versão digitalizada precisa da obra original (Cuthbert & Ariza, 2010). Esta seleção justifica-se pela representatividade da peça dentro do repertório coral bachiano e pela qualidade da codificação digital disponível.

O processo de análise iniciou-se com o carregamento da partitura através do método corpus.parse(), que permite acesso direto às obras do corpus music21. A extração de metadados incluiu informações sobre título, compositor e tonalidade principal, esta última determinada através do algoritmo de análise tonal implementado na biblioteca, baseado nos trabalhos de Krumhansl-Schmuckler (Temperley, 1999). A identificação automática da tonalidade utiliza algoritmos de correlação entre perfis de altura e templates tonais estabelecidos pela biblioteca.

Para a análise da distribuição de alturas, foi selecionada a voz de soprano (parts[0]), seguindo convenções estabelecidas na literatura sobre análise coral (Aldwell *et al.*, 2019). A escolha da voz superior justifica-se por sua função melódica primária e pela maior clareza de contorno melódico que apresenta em comparação com vozes internas. A extração das

alturas foi realizada através do método flat.notes, que lineariza a estrutura temporal da partitura, permitindo acesso sequencial a todos os eventos musicais.

As alturas foram convertidas para valores MIDI (Musical Instrument Digital Interface), seguindo o padrão estabelecido pela especificação MIDI 1.0, onde o Dó central corresponde ao valor 60 (Roads, 1996). Esta conversão facilita a análise quantitativa e permite comparações diretas entre diferentes registros e instrumentos. Apenas eventos classificados como notas (isNote) foram incluídos na análise, excluindo pausas e outros elementos não-tonais.

A análise estatística descritiva foi implementada através da biblioteca matplotlib para visualização de dados, gerando histogramas de distribuição de frequência com 15 bins, quantidade determinada através da regra de Sturges para otimização da representação visual (Scott, 2015). Os gráficos produzidos incluem tanto o histograma de distribuição de alturas quanto o contorno melódico sequencial, oferecendo perspectivas complementares sobre os dados musicais.

A validação dos resultados foi realizada através da comparação com análises manuais de segmentos representativos da obra, verificando a precisão da extração automática de dados. Adicionalmente, os resultados foram confrontados com estudos anteriores sobre características estatísticas de corais de Bach, estabelecendo parâmetros de comparação com a literatura existente (Temperley & Sleator, 1999).

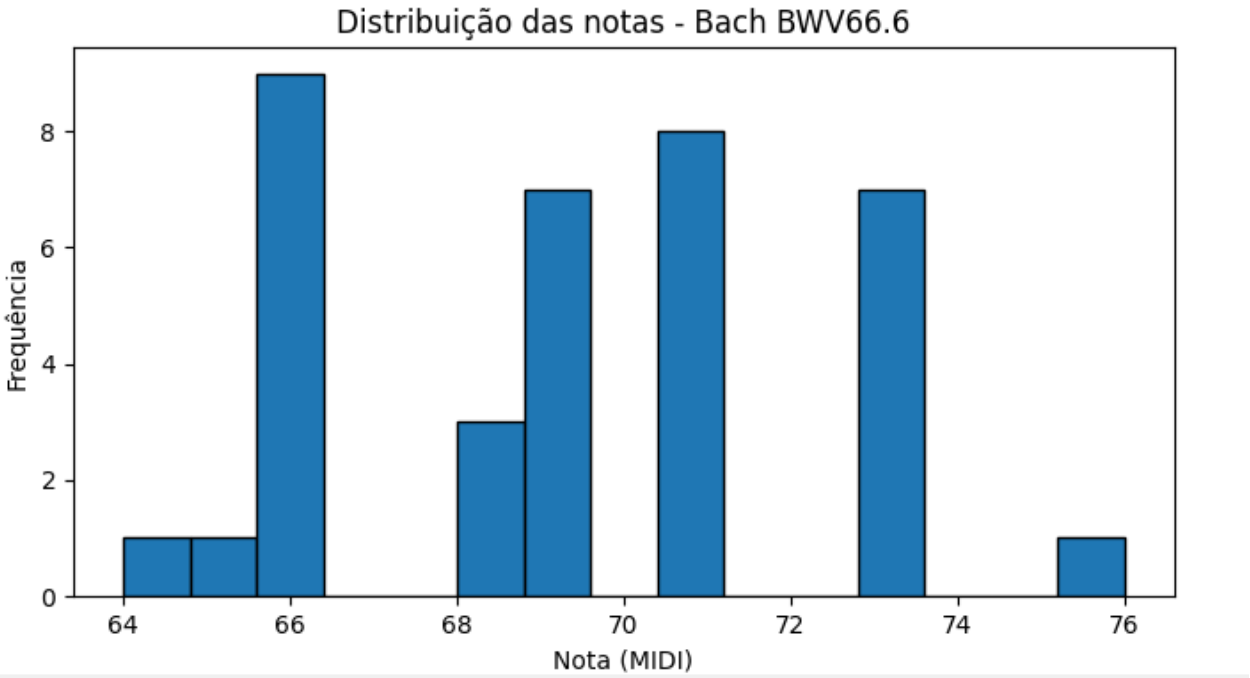
O código-fonte desta pesquisa está disponível para download através do link: https://github.com/vitor-souza-ime/bwv66.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O histograma de distribuição de alturas (Figura 1) apresenta uma configuração multimodal característica, com picos de frequência concentrados em regiões específicas da tessitura vocal. A altura MIDI 66, correspondente ao Fá sustenido 4, emerge como a mais frequente na amostra analisada, aparecendo em aproximadamente 9 ocorrências. Este resultado alinha-se com estudos anteriores sobre preferências tonais em música barroca, que identificam tendências similares em repertórios correlatos (Huron, 2006). A predominância

desta altura específica reflete provavelmente sua função estrutural dentro do contexto harmônico da peça, possivelmente relacionada a graus importantes da escala ou a pontos de articulação formal.

Figura 1 - Distribuição de notas



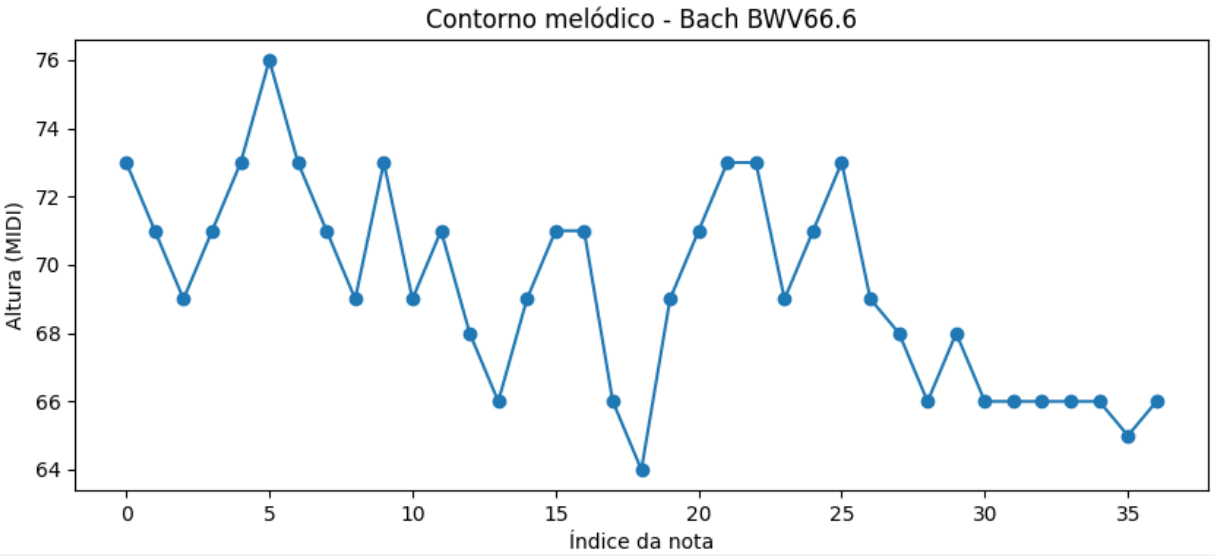
Fonte: O autor.

O contorno melódico sequencial obtido através da plotagem das alturas em ordem cronológica revela características estruturais importantes sobre a organização temporal da obra, como apresentado na Figura 2. A análise visual do contorno sugere a presença de padrões de movimento melódico típicos do estilo coral bachiano, incluindo movimentos por graus conjuntos predominantes, uso controlado de saltos intervalares e tendências direcionais que refletem a estrutura harmônica subjacente (Aldwell *et al.*, 2019).

A comparação dos resultados obtidos com estudos estatísticos anteriores sobre corais de Bach demonstra consistência com padrões identificados no corpus mais amplo. Temperley e Sleator (1999) documentaram tendências similares em análises de conjuntos maiores de corais, confirmando a representatividade da peça selecionada. A distribuição observada

reflete características estilísticas que transcendem obras individuais, sugerindo a presença de padrões composicionais sistemáticos no repertório coral bachiano.

Figura 2 - Contorno melódico



Fonte: O autor.

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou a eficácia das ferramentas de musicologia digital para análise quantitativa de repertórios históricos, especificamente no contexto dos corais de Bach. A análise computacional do BWV 66.6 revelou padrões de distribuição de alturas consistentes com características estilísticas documentadas na literatura musicológica, confirmando a validade da abordagem metodológica empregada. Os resultados obtidos oferecem uma perspectiva complementar às análises tradicionais, enriquecendo a compreensão das práticas composicionais barrocas através de evidência quantitativa.

A distribuição multimodal observada no histograma de alturas reflete princípios fundamentais da condução melódica barroca, incluindo preferências por determinadas regiões da tessitura vocal e uso estratégico de alturas extremas para efeitos expressivos específicos. A concentração de frequências nas alturas MIDI 66 sugere padrões composicionais sistemáticos que transcendem obras individuais, indicando a presença de convenções estilísticas características do repertório coral bachiano.

Os resultados contribuem para o crescente corpo de conhecimento em musicologia digital, demonstrando como ferramentas computacionais podem iluminar aspectos estruturais da música histórica previamente inacessíveis à análise sistemática. A integração de métodos quantitativos com abordagens interpretativas tradicionais oferece uma perspectiva mais completa e nuançada sobre as práticas musicais do passado, enriquecendo nossa compreensão do patrimônio musical occidental.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J.; SHANAHAN, D. The use of large corpora to train a new type of key-finding algorithm: An improved treatment of the minor mode. Music Perception, v. 31, n. 1, p. 59-67, 2013. DOI: 10.1525/mp.2013.31.1.59. Acesso em: 8 set. 2025.

ALDWELL, E.; SCHACHTER, C.; CADWALLADER, A. Harmony and Voice Leading. 5th ed. Boston: Cengage Learning, 2019.

CONKLIN, Darrell. Representation and discovery of vertical patterns in music. In: International Conference on Music and Artificial Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. p. 32-42., Kemal. An expert system for harmonizing four-part chorales. Computer Music Journal, v. 12, n. 3, p. 43-51, 1988.

CUTHBERT, M. S.; ARIZA, C. music21: A toolkit for computer-aided musicology and symbolic music data. Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference, p. 637-642, 2010. Disponível em: https://ismir2010.ismir.net/proceedings/ismir2010-108.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.

EBCIOĞLU, Kemal. An expert system for harmonizing four-part chorales. Computer Music Journal, v. 12, n. 3, p. 43-51, 1988.

HURON, D. Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation. Cambridge: MIT Press, 2006.

KRUMHANSL, C. L. Cognitive Foundations of Musical Pitch. Oxford: Oxford University Press, 1990.

QUINN, I. Are pitch-class profiles really "key for key"? Zeitschrift der Gesellschaft für Musiktheorie, v. 7, n. 2, p. 151-163, 2010. Acesso em: 8 set. 2025.

ROADS, C. The Computer Music Tutorial. Cambridge: MIT Press, 1996.

ROHRMEIER, M. Towards a generative syntax of tonal harmony. Journal of Mathematics and Music, v. 5, n. 1, p. 35-53, 2011. DOI: 10.1080/17459737.2011.573676. Acesso em: 8 set. 2025.

SCOTT, D. W. Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.

TEMPERLEY, D. What's key for key? The Krumhansl-Schmuckler key-finding algorithm reconsidered. Music Perception, v. 17, n. 1, p. 65-100, 1999. DOI: 10.2307/40285812. Acesso em: 8 set. 2025.

TEMPERLEY, D.; SLEATOR, D. Modeling meter and harmony: A preference-rule approach. Computer Music Journal, v. 23, n. 1, p. 10-27, 1999. DOI: 10.1162/014892699559616. Acesso em: 8 set. 2025.

WHITE, C. W. Some statistical properties of tonality, 1650-1900. Empirical Musicology Review, v. 8, n. 3-4, p. 157-195, 2013. DOI: 10.18061/emr.v8i3-4.3931. Acesso em: 8 set. 2025.

WOLFF, C. Johann Sebastian Bach: The Learned Musician. New York: W.W. Norton, 2001.