

Lusíada



Repositório das Universidades Lusíada

Universidades Lusíada

Negas, Elsa Inês Silva do Rosário, 1968-

A harmonia estética : beleza, arquitetura e simetria na criação de espaços humanizados

<http://hdl.handle.net/11067/7694>

<https://doi.org/10.34628/hm23-1918>

Metadados

Data de Publicação	2024
Tipo	bookPart
Editora	Universidade Lusíada Editora
ISBN	978-898-640-249-2

Esta página foi gerada automaticamente em 2025-01-22T10:43:01Z com informação proveniente do Repositório

A Harmonia Estética: Beleza, Arquitetura e Simetria na Criação de Espaços Humanizados

Elsa Negas

DOI: <https://doi.org/10.34628/hm23-1918>

1. Introdução

O rigor da matemática, a compreensão dos seus fundamentos e das suas bases são associados à precisão e à verificação de resultados. A abstração na matemática permite definir conceitos gerais partindo de situações específicas.

No campo da matemática tudo é definido de forma exata sem ambiguidades, existindo definições, axiomas, provas, demonstrações, teoremas e corolários.

A relação entre beleza e simetria é profundamente enraizada na percepção humana. A investigação revela que a simetria, ao ser aplicada nas formas e proporções de edifícios, pode despertar um senso de familiaridade e bem-estar nos seus utilizadores. A arquitetura tem como objetivo a criação de espaços belos, acolhedores e humanizados, correspondendo ao bem estar dos seus utilizadores e da evolução dos espaços nas mais variadas escalas.

A matemática e a sua relação com as diferentes áreas mas sempre como raiz do desenvolvimento e da sua construção.

A crescente urbanização, a sua complexidade e o rápido desenvolvimento de tecnologias torna relevante a criação de espaços humanizados, mas integrando beleza, simetria e funcionalidade. Nesse sentido, a simetria pode ser vista não apenas como uma ferramenta estética, mas

também como um meio de promover a humanização dos espaços, contribuindo para a criação de ambientes que favorecem o bem-estar e a qualidade de vida.

Desta forma, o presente texto tem como objetivo destacar a relação intrínseca entre a harmonia estética e a criação de espaços que promovam o bem-estar, mostrando como a matemática, com suas formas e fórmulas, desempenha um papel fundamental na geração de beleza e simetria, contribuindo para a concepção de ambientes equilibrados e visualmente agradáveis.

Este texto apresenta conceitos fundamentais de beleza e simetria na arquitetura, destacando a simetria como um elemento essencial para a humanização dos espaços. Em seguida, são discutidos artigos que exploram os desafios e as oportunidades na aplicação desses princípios, proporcionando uma visão contemporânea sobre o tema. Por fim, são oferecidas conclusões que sintetizam a relevância da simetria.

2. Conceitos de beleza e simetria na arquitetura

A beleza na natureza e a sua diversidade exigiu do Homem a sua compreensão e sistematização. A simetria é um tema relevante para a arte e identifica-se na natureza.

Se, em 1951, a simetria era já um tema central da ciência, porque se trata de um tema central da natureza – quer as simetrias mais evidentes, como as dos cristais ou dos seres vivos, quer as mais escondidas, como as que subjazem às leis fundamentais da física -, hoje em dia é-o ainda mais (Weyl, 2017).

A investigação da teoria da simetria tem sido desenvolvida em diferentes áreas do conhecimento incluindo física, matemática, química, ciências da informação e psicologia (M. Mehaffy & Salingaros, 2021).

Vitruvio, em sua obra *De Architectura libri decem* (Philipp, 2020), definiu três princípios fundamentais da arquitetura clássica: Venustas, Firmitas e Utilitas, que correspondem à beleza, solidez e utilidade, respectivamente. A beleza (Venustas) é frequentemente associada aos conceitos de simetria e proporção, que Vitruvio considerava essenciais para a criação de harmonia e estética nas construções. A simetria refere-

-se à correspondência entre as partes de uma estrutura, enquanto a proporção é a relação matemática entre essas partes e o todo. Esses conceitos são fundamentais não apenas para a arquitetura, mas também para o design artístico, influenciando diretamente como as formas são percebidas e apreciadas. Exemplos como o Partenon, na Grécia Antiga, e o renascentista Homem Vitruviano de Leonardo da Vinci demonstram como o uso de proporções matemáticas, como a proporção áurea, molda tanto o projeto arquitetônico quanto o artístico, conferindo equilíbrio, funcionalidade e beleza às criações.

Na arquitetura Venustas refere-se ao apelo visual, à estética, o que pode ser traduzido por beleza, pelo impacto que o edifício ou a construção tem nas pessoas e/ou utilizadores o acréscimo cultural ou mesmo acréscimo na valorização do edificado e da sua envolvente. A inclusão no património local assim como a experiência vivenciada pelas pessoas pode ser traduzida em impacto de beleza, harmonia, criatividade e inovação (M. Mehaffy & Salingaros, 2021).



Figura 1 - Centro de Arte Moderna¹

¹ O terreno é o mesmo, mas quase tudo é novo no Centro de Arte Moderna que a Fundação Calouste Gulbenkian se prepara para inaugurar em ambiente de grande festa, no fim-de-semana de 21 e 22 de

The Nature of Order é um livro com 4 volumes do Arqº Christopher Alexander, o qual resultou de décadas de investigação, nele são apresentadas 3 perspetivas vitais sobre o mundo: perspetiva científica, perspetiva da Beauty and Grace e a perspetiva do senso comum. Nesse livro, o autor liga a estrutura geométrica e a experiência humana, realçando que esses domínios geram autenticidade e sustentabilidade nas edificações ou mesmo nos espaços que se tornam belos.

O entendimento da beleza determina o cálculo das proporções específicas do corpo humano e, com base nelas, as proporções das estruturas arquitectónicas. (Kokarevich, 2018)

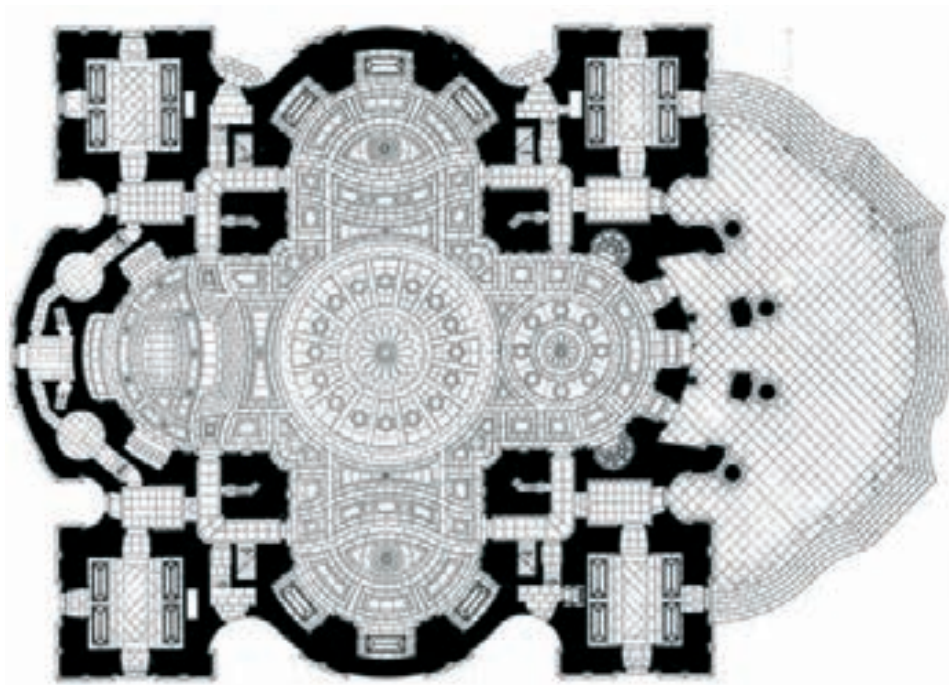


Figura 2 - Planta do Panteão Nacional, também conhecido como a Igreja de Santa Engrácia do Arqº João Antunes²

Setembro. Mais luz natural, mais jardim, mais sustentabilidade, mas também muito mais arte são os lemas deste novo/velho edifício, que encerrara para obras em 2020. Tudo sob a “proteção” da maior novidade do espaço: a gigantesca *Engawa*, elemento da arquitetura tradicional japonesa que se propõe estabelecer uma ligação harmoniosa entre o espaço interior, mais íntimo, e o exterior, mais mundano. Sem dúvida, um traço de autoria do arquiteto japonês, Kengo Kuma, responsável pelo projeto.
<https://www.dn.pt/5731917876/gulbenkian-mais-luz-e-mais-jardim-no-novo-centro-de-arte-moderna/>
2 <https://www.panteaonacional.gov.pt/2020/04/15/joao-antunes-arquiteto-do-novo-templo-de-santa-engracia/>

3 A Simetria como Elemento de Humanização dos Espaços

A matemática tem uma relação antiga com a arquitetura, e o tópico da simetria tem sido uma preocupação central de ambos (M. Mehaffy & Salingaros, 2021). A relevância da matemática na arquitetura é estudada por diferentes autores, entre eles Mário Salvadori, (Salvadori, 2015) matemático e engenheiro. A compreensão da relação entre o rigor matemático e a palavra latina *Venustas* apresentada por Vitruvio como um dos seus três princípios. Assim como, a evolução, da simetria que inicialmente descrevia a harmonia e a proporção nas artes e arquitetura gregas, posteriormente incluí conceitos nas áreas da matemática, da física e das ciências naturais. Atualmente é um tema que incluí todas essas áreas representando transformações geométricas que conferem harmonia e equilíbrio.

Nikos Salingaros afirma que Christopher Alexander tem uma concepção específica e científica da beleza, como algo objetivo que pode ser julgado dentro de um acordo muito próximo pela grande maioria das pessoas (Salingaros, 2020). Per Galle propôs uma classificação da herança intelectual de Alexander em três campos de ideias teóricas, cada um dos quais sugere uma linha de investigação:

- 1 princípios causais sobre como as propriedades do ambiente construído afetam benéficamente a qualidade de vida;
- 2 metodologia sobre como construir, desenvolver e preservar o ambiente construído de acordo com esses princípios;
- 3 a organização necessária para reorganizar o edifício (Galle, 2020).

A palavra simetria tem origem no grego *syn* (com ou junto) e *metron* (medida), referindo-se assim a uma correspondência entre diferentes estruturas com medidas ou correspondências semelhantes.

No caso específico da geometria, uma forma é simétrica quando é invariante sob uma dada transformação, a qual pode incluir reflexão, rotação, translação ou alterações nas escalas.

Duas imagens ou figuras são simétricas quando a porção transformada de uma estrutura é comparada com a porção original, e demonstra uma correspondência (Mehaffy & Salingaros, 2021; Bekenstein, 2004; Benelli, 2015).

Em Alberti³ (Vitruvius, 1912) “A beleza é uma espécie de concórdia e interação mútua das partes de uma coisa. Esta concórdia realiza-se num determinado número, proporção e arranjo exigido pela harmonia, que é o princípio fundamental da natureza ...” realçando a inter-relação entre as partes e o todo.

Alguns físicos chegaram a considerar que a simetria é uma propriedade fundamental do universo (Mehaffy & Salingaros, 2021; Bekenstein, 2004; Benelli, 2015).

A simetria vertical é bastante comum na arquitetura e, sempre, associada ao corpo humano. Mas o conceito é muito mais amplo, além da simetria reflexiva na geometria, há simetria rotacional, simetria translacional, simetria de escala e muitas composições (Lockwood, 1978).



Figura 3 – Fachada do Panteão Nacional, também conhecido como a Igreja de Santa Engrácia do Arqº

João Antunes⁴

3 Alberti, 1988, Livro 9, Seção 5, pp. 337-340.

4 <https://www.panteaonacional.gov.pt/171-2/o-edificio/>

Um exemplo de edifício em Lisboa que apresenta simetria vertical é o Panteão Nacional, também conhecido como Igreja de Santa Engrácia, projetado pelo arquiteto João Antunes. Construído a partir do século XVII, este monumento destaca-se por sua planta em forma de cruz grega e pela cúpula central que domina a estrutura. A simetria vertical do Panteão é evidente tanto na fachada principal, marcada por uma entrada centralizada, quanto na disposição equilibrada de torres e colunas que flanqueiam os dois lados. Internamente, essa simetria se reflete na disposição ordenada dos elementos arquitetônicos e decorativos ao redor do eixo central da cúpula, gerando uma sensação de harmonia e equilíbrio. A simetria vertical não apenas acentua a imponência do edifício, como também reforça seu caráter de majestade e equilíbrio, características comuns em monumentos religiosos que visam evocar sentimentos de reverência e admiração.

Existe ainda a simetria na teoria de grupos (nas quais existe uma variedade de simetrias e não só as geométricas (McWeeny, 2012). Existem também processos de quebra de simetria, que são importantes para a compreensão de muitos processos biológicos e físicos (Marijuán, 1996).

De fato, um interesse pela simetria em ambientes e estruturas humanas pode ser encontrado na antiguidade, e ainda mais na pré-história (Hodgson, 2011).

Pollio afirma que a simetria numa obra deve resultar de um acordo adequado entre os membros da própria construção, com uma relação harmoniosa entre as diferentes partes e o conjunto geral, tomando-se uma parte específica como padrão de referência. Assim como no corpo humano existe uma harmonia simétrica natural, essa mesma lógica de proporção deve ser aplicada aos edifícios perfeitos, onde cada elemento se relaciona de forma equilibrada com o todo, criando uma sensação de unidade e ordem arquitetônica (Pollio, 2016).

A definição destaca uma parte selecionada como padrão, a qual sofre transformações na escala (fractais) ou sofre translações (frisos) ou através da formação de grupos cíclicos/ diedrais. Os grupos cíclicos e diedrais são exemplificados de maneira impressionante nas rosáceas de edifícios históricos em Lisboa, como na Sé de Lisboa e na Igreja de São Domingos.

Na Sé de Lisboa, construída a partir do século XII, encontra-se uma rosácea cíclica na fachada principal, um dos detalhes mais emblemáticos da arquitetura gótica. Essa rosácea, um vitral circular, exhibe uma

simetria radial em que os elementos são organizados em torno de um ponto central. Essa disposição cria um padrão harmonioso e equilibrado, reforçando a ideia de unidade e centralidade, características fundamentais na arquitetura gótica. A repetição dos elementos ao redor do centro da rosácea transmite uma sensação de ordem e beleza, sublinhando a espiritualidade do edifício.

Na Igreja de São Domingos, também localizada no centro de Lisboa, embora as rosáceas não sejam tão imponentes quanto as da Sé, elas apresentam simetrias que podem ser descritas como cíclicas ou diédricas, dependendo do padrão específico. A simetria diedral, que articula simetria e rotação, é evidente nalguns padrões ornamentais das janelas. Essas rosáceas são típicas do estilo gótico, conhecido por seu uso de luz e profundidade, e são projetadas para evocar a ordem cósmica e a beleza divina, criando um ambiente de espiritualidade e harmonia por meio de padrões complexos e simétricos.



Figura 4 – Fachada da Sé de Lisboa⁵

⁵ https://www.e-cultura.pt/patrimonio_item/7602



Figura 5 – Desenho do atelier de Luís Cristino da Silva. Desenho de conjunto Padrão dos descobrimentos e Rosa-dos-Ventos. Espólio Luís Cristino da Silva Cota Icsda 47.43 ic Biblioteca de Arte FCG⁶

Há também a clara implicação de combinações ou simetrias compostas. A ligação da simetria de Vitrúvio ao conceito de harmonia também sugere um agrupamento de simetrias relacionadas (M. Mehaffy & Salingaros, 2021).

O artigo de Dawes, Ostwald e Lee (Dawes et al., 2023) aplica a teoria de Colin Rowe ao analisar as obras de Andrea Palladio e Le Corbusier. Os autores investigam a noção de beleza natural presente nas obras dos 2 arquitetos aplicando a matemática, mais especificamente os fractais e

⁶ <https://padraodosdescobrimentos.pt/rosa-dos-ventos/>

suas dimensões. Toda a análise se concentra na aplicação de conceitos geométricos medindo as construções nas suas formas complexas. Os arquitetos em estudo são de épocas diferentes e as suas obras são bastante diferentes mas no artigo são evidenciados padrões estéticos que transcendem o tempo e a cultura da época. No artigo é apresentada a beleza natural a qual se expressa em proporções e simetrias, e nestas verificam-se ligações entre os princípios clássicos de Palladio e a modernidade de Le Corbusier. Ao empregar as dimensões fractais, o estudo fornece uma abordagem quantitativa para entender a complexidade visual e formal, revelando uma continuidade na aplicação de proporções matemáticas para alcançar uma sensação de ordem e harmonia.

4. Desafios e oportunidades

A simetria tem, atualmente, uma grande relevância na investigação pois continua a ser um conceito central em diferentes áreas do conhecimento, representando harmonia, equilíbrio e invariância sob transformações.

São agora apresentadas algumas referências que realçam uma visão contemporânea sobre a aplicabilidade de conceitos matemáticos na análise das formas e a sua relevância na compreensão da beleza, harmonia e equilíbrio.

O artigo "Fractal Analysis in Architectural Research: Understanding Complexity in Design", de Ostwald, M. J. e Dawes, M. J., (Ostwald & Dawes, 2020), explora a aplicabilidade da análise fractal como ferramenta que permite interpretar a complexidade dos projetos arquitetônicos. A publicação apresenta uma visão detalhada sobre como as dimensões fractais podem ser aplicadas para quantificar e comparar a complexidade visual na arquitetura (nos seus diversos estilos). Os autores explicam que a análise fractal (originalmente aplicada em áreas relacionadas com matemática e física), permite avaliar a riqueza visual de forma exata e a variação de formas nas fachadas e nos espaços arquitetônicos. O artigo discute os métodos para calcular dimensões fractais em arquiteturas contemporâneas e históricas, destacando como essas medidas podem revelar padrões ocultos de ordem e desordem em projetos de design. Além disso, os autores argumentam que a análise fractal não só contribui para a compreensão estética das

construções, mas também pode informar decisões de projeto, ajudando arquitetos a criar formas que equilibram simplicidade e complexidade (Ostwald & Dawes, 2020).



Figura 6 – Sagrada Família, do Arqº Antoni Gaudí, em Barcelona⁷

Um edifício que exemplifica a relação entre fractais e harmonia é a Sagrada Família, em Barcelona, projetada por Antoni Gaudí. Esse marco da arquitetura modernista incorpora princípios fractais na sua concepção, especialmente na estrutura e nos detalhes das torres e fachadas. Gaudí utilizava formas naturais como referência, incluindo padrões geométricos que se repetem em diferentes escalas, criando uma harmonia visual complexa e orgânica.

As colunas internas da Sagrada Família, por exemplo, são inspiradas em árvores, com ramificações que se repetem em múltiplas escalas, como um fractal natural. As torres também seguem esse princípio de auto-similaridade, onde a forma geral é repetida em detalhes menores. Esses elementos refletem a complexidade e a ordem encontrada na natureza, gerando um equilíbrio harmônico entre o caos aparente e a estrutura organizada.

⁷ https://pt.wikipedia.org/wiki/Antoni_Gaud%C3%AD#/media/Ficheiro:Sagrada_Familia_nave_roof_detail.jpg

A arquitetura fractal de Gaudí na Sagrada Família proporciona uma sensação de fluidez e coesão, ao mesmo tempo em que mantém uma estética de beleza e espiritualidade, demonstrando como os princípios matemáticos dos fractais podem ser integrados em projetos arquitetônicos para criar harmonia e complexidade visual.

Lee, J. H., Ostwald, M. J., e Dawes, M. J. (Lee et al., 2022) investigam a complexidade formal em arquitetura através da análise das dimensões fractais e da análise de proporção. Os autores exploram métodos para quantificar a complexidade visual de edifícios, salientando como as dimensões fractais podem ser usadas para avaliar a relação entre a forma e a percepção estética. A investigação aplica esses conceitos a edifícios reconhecidos analisando a geometria e proporções que influenciam a experiência espacial. O estudo conclui que a análise de dimensões fractais oferece uma abordagem quantitativa útil para entender a complexidade formal, proporcionando uma maneira objetiva de analisar e comparar características arquitetônicas. Essa abordagem pode ser aplicada no design arquitetônico contemporâneo para equilibrar complexidade e harmonia nas construções.

Cha J. e Kim Y.J. investigam as relações entre métodos de desenho arquitetônico presentes em textos antigos de matemáticos que realçavam a construção de monumentos em madeira com estrutura octogonal na Ásia Oriental. (Cha & Kim, 2021) a metodologia aplicada é o estudo de casos pois analisa exemplos específicos de monumentos octogonais na Ásia Oriental, descrevendo as técnicas construtivas e os princípios geométricos de suas estruturas. Os autores sugerem que os antigos livros matemáticos desempenharam um papel significativo na formação de uma linguagem comum para o desenho e construção de estruturas complexas, como os monumentos octogonais.

No contexto urbano, a simetria é discutida em relação à organização das cidades e à disposição dos espaços públicos, evidenciando sua influência na maneira como as pessoas interagem com os ambientes construídos.

Mehaffy M.W. investiga a influência da simetria na arquitetura e no planejamento urbano, propondo novas linhas de investigação (M. W. Mehaffy, 2020). O autor destaca como a simetria tem sido essencial na arquitetura ao longo da história, desde as civilizações antigas até à atualidade. Mehaffy M.W. e Salingaros N. estudam diferentes simetrias analisando os seus efeitos estéticos e funcionais quer nas construções e quer no

ambiente urbano. Os seus estudos investigam o impacto da simetria na percepção de harmonia, equilíbrio e beleza nos edifícios, além de analisar o impacto nos utilizadores. Os autores sugerem a realização de estudos empíricos e interdisciplinares para avaliar os efeitos da simetria na experiência humana e na sustentabilidade dos espaços. O artigo, salienta ainda a importância, quer na arquitetura quer no planeamento urbano, de novas abordagens que integrem além dos aspectos matemáticos, aspectos estéticos com o objetivo de promover ambientes mais equilibrados, funcionais e sustentáveis (M. Mehaffy & Salingaros, 2021).

5. Conclusão

A conclusão deste estudo destaca a importância fundamental da simetria na arquitetura e no urbanismo, bem como a sua ligação com a matemática, as artes e a natureza. A simetria, sendo um conceito central na estética e na funcionalidade das construções ao longo da história, é uma expressão da harmonia universal que pode ser observada em padrões naturais. Desde as civilizações antigas, com Vitruvio e sua ênfase nos princípios de Venustas, Firmitas e Utilitas, até as abordagens contemporâneas que integram fractais na análise formal, como visto nos estudos sobre Gaudí e Palladio, a simetria serve como um elo entre a ordem natural e a criação humana.

A arquitetura, ao adotar conceitos como a simetria promove não apenas a beleza, mas também a funcionalidade nos espaços construídos. Exemplos práticos, como o Panteão Nacional em Lisboa e a Sagrada Família em Barcelona, ilustram como a simetria contribui para a grandiosidade, a harmonia e a experiência estética, evocando sentimentos de reverência e admiração.

Foram indicados artigos recentes que incluem a análise de dimensões fractais e a aplicação de teorias geométricas, o que permite compreender a complexidade e a beleza das formas na arquitetura. Esses estudos afirmam que a simetria não só enriquece a beleza, mas também melhora a interação humana com os espaços, criando ambientes equilibrados e esteticamente agradáveis. Assim, a simetria, tanto nas suas formas mais evidentes quanto nas suas manifestações ocultas, permanece uma ferramenta poderosa para os arquitetos transmitirem autenticidade, funcionalidade e inovação no ambiente construído.

Referências

- Bekenstein, J. D. (2004). Black holes and information theory. *Contemporary Physics*, 45(1), 31–43. <https://doi.org/10.1080/00107510310001632523>
- Benelli, F. (2015). Rudolf Wittkower versus Le Corbusier: A Matter of Proportion. *Architectural Histories*, 3. <https://doi.org/10.5334/ah.ck>
- Cha, J., & Kim, Y. J. (2021). Recognizing the Correlation of Architectural Drawing Methods between Ancient Mathematical Books and Octagonal Timber-framed Monuments in East Asia. *International Journal of Architectural Heritage*, 17, 1–28. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.2011473>
- Dawes, M., Ostwald, M., & Lee, J. (2023). The Mathematics of ‘Natural Beauty’ in the Architecture of Andrea Palladio and Le Corbusier: An Analysis of Colin Rowe’s Theory of Formal Complexity Using Fractal Dimensions. *Fractal and Fractional*, 7, 139. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7020139>
- Galle, P. (2020). Christopher Alexander’s Battle for Beauty: Any Prospects of Victory? *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 6(3), 380–385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sheji.2020.08.003>
- Hodgson, D. (2011). The First Appearance of Symmetry in the Human Lineage: Where Perception Meets Art. In *Symmetry* (Vol. 3, Issue 1, pp. 37–53). <https://doi.org/10.3390/sym3010037>
- Kokarevich, M. (2018). THE HIERARCHY OF CONTEXTUAL FACTORS IN THE GENESIS AND EVOLUTION OF THE ARCHITECTURAL PHENOMENA OF ANTIQUITY. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Kul'turologiya i Iskusstvovedenie*, 99–106. <https://doi.org/10.17223/22220836/29/9>
- Lee, J. H., Ostwald, M. J., & Dawes, M. J. (2022). Quantifying formal complexity: Fractal dimensions and architectural proportions. *Architectural Science Review*, 65(3), 263–275.
- Lockwood, E. H. (1978). *Geometric symmetry* (R. H. Macmillan (ed.)). Cambridge University Press. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0838/77077713-d.html> <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0838/77077713-t.html>
- Marijuán, P. C. (1996). Information and symmetry in the biological and social realm: New avenues of inquiry. *Symmetry: Culture and Science*, 7(3), 225–336.

- McWeeny, R. (2012). *Symmetry: An Introduction to Group Theory and Its Applications*. In *TRANSACTIONS OF THE FARADAY SOCIETY*. Courier Corporation.
- Mehaffy, M., & Salingaros, N. (2021). Symmetry in architecture: Toward an overdue reassessment. *Symmetry: Culture and Science*, 32, 311–343. https://doi.org/10.26830/symmetry_2021_3_311
- Mehaffy, M. W. (2020). The Impacts of Symmetry in Architecture and Urbanism: Toward a New Research Agenda. *Buildings*, 10(12), 249. <https://www.mdpi.com/2075-5309/10/12/249>
- Ostwald, M. J., & Dawes, M. J. (2020). Fractal analysis in architectural research: Understanding complexity in design. *Journal of Architecture and Planning Research*, 37(2), 83–98.
- Philipp, K. J. (2020). Vitruv: De architectura libri decem. In *Kindlers Literatur Lexikon (KLL)*. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05728-0_21848-1
- Pollio, A. (2016). Technologies of austerity urbanism: The “smart city” agenda in Italy (2011-2013). *Urban Geography*, 37(4), 514–534. <https://doi.org/10.1080/02723638.2015.1118991>
- Salingaros, N. A. (2020). It’s Time for World Architecture to Learn from Christopher Alexander: Discovering Humanity’s Relationship with the Universe. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 6(3), 376–380. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sheji.2020.08.002>
- Salvadori, M. (2015). Can There Be Any Relationships Between Mathematics and Architecture? In K. Williams & M. J. Ostwald (Eds.), *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future: Volume I: Antiquity to the 1500s* (pp. 25–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00137-1_2
- Vitruvius. (1912). *Vitruvii de architectura libri decem*. In *Vitruvii de architectura libri decem*. <https://doi.org/10.1515/9783111327549>
- Weyl, H. (2017). *Simetria: Vols. 1.ª ed. Lisboa: Gradiva, 2017. 182 p. (Ciência Aberta; 220)* (F. Marques (ed.); p. 182).