

A arte matemática da simetria dinâmica de Jay Hambidge

The mathematical art of dynamic symmetry by Jay Hambidge

El arte matemático de la simetría dinámica de Jay Hambidge

Iran Abreu Mendes¹  

Larissa Mendes Cavalcante²  

RESUMO

Ao longo da história humana, a noção de simetria tornou-se um sonho estético matemático que, em nossa trajetória espaço-temporal, tornou-se uma realidade científica representada pelo conhecimento acadêmico, à medida que as simetrias de pontos e linhas foram extensivamente estudadas, generalizadas e aplicadas a quase todas as áreas das artes visuais, na matemática acadêmica e escolar. Neste artigo, nosso principal objetivo é apresentar uma revisão bibliográfica sobre o tema, conectada a uma síntese comentada do livro centenário de Jay Hambidge, intitulado *The Elements of Dynamic Symmetry*, partindo do pressuposto de que as ideias abordadas pelo autor atravessaram o século XX e possibilitaram criações em arte geométrica com movimento entre formas para dar sentido e significado ao que se quer expressar na estética da arte visual que propõe uma interpretação e representação matemática desse movimento. A partir de um estudo bibliográfico documental elaboramos este ensaio a fim de registrar parte da trajetória da obra de Hambidge e seu atravessamento em diversos ramos da arte matemática. O estudo nos mostrou que o tema abordado é fundamental para o ensino de geometria, proporcionalidade e suas relações com números irracionais, construção de formas geométricas dinâmicas que envolvam retângulo áureo, espirais e a estética dos ornatos decorativos na arte visual muito utilizada na arquitetura grega clássica.

Palavras-chave: Simetria dinâmica; Jay Hambidge; Arte matemática; Construções geométricas; Ensino de Geometria.

ABSTRACT

Throughout human history, the notion of symmetry has become a mathematical aesthetic dream that, in our space-time trajectory, has become a scientific reality represented by academic knowledge, as point and line symmetries have been extensively studied, generalized and applied to almost all areas of visual art, academic and school mathematics. In this article, our main objective is to present a bibliographic review of the topic connected to an annotated review of Jay Hambidge's centenary book entitled *The Elements of Dynamic Symmetry*, based on the assumption that the ideas addressed by the author crossed the 20th century and enabled creations in geometric art with movement between forms to give meaning and significance to what one wants to express in the aesthetics of visual art that proposes an interpretation and mathematical representation of this movement. Based on a documentary bibliographic study, we prepared this essay to record part of the trajectory of Hambidge's work and its intersection with various branches of Mathematical art. The study showed us that the topic addressed is fundamental for teaching geometry, proportionality and its relationships with irrational numbers, the construction of dynamic geometric shapes involving the golden rectangle, spirals and the aesthetics of decorative ornaments in visual art widely used in Greek classic architecture.

Keywords: Dynamic symmetry; Jay Hambidge; Mathematical art; Geometric constructions; Geometry teaching.

RESUMEN

A lo largo de la historia de la humanidad, la noción de simetría se ha convertido en un sueño estético matemático que, en nuestra trayectoria espacio-temporal, se ha convertido en una realidad científica representada por el conocimiento académico, ya que las simetrías de puntos y líneas se han estudiado, generalizado y aplicado ampliamente en casi todas las áreas de las artes visuales y las matemáticas académicas y escolares. En este artículo, nuestro principal objetivo es presentar una revisión bibliográfica sobre el tema, en conexión con una reseña comentada del libro centenario de Jay Hambidge, titulado *The Elements of Dynamic Symmetry*, partiendo del supuesto de que las ideas abordadas por el autor abarcaron el siglo XX y permitieron que las creaciones en el arte geométrico con movimiento entre formas dieran sentido y significado a lo que se busca expresar en la estética del arte visual, proponiendo una interpretación y representación matemática de este movimiento. A partir de un estudio bibliográfico documental, hemos preparado este ensayo para narrar parte de la trayectoria de la obra de Hambidge y su intersección con diversas ramas del arte matemático. El estudio demostró que el tema abordado es fundamental para

1 Doutor em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor Titular do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (PPGECM/UFPA). Endereço para correspondência: Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, Belém, Pará, Brasil. CEP 66075-110. E-mail: iamendes1@gmail.com.

2 Mestra em Educação em Ciências e Matemáticas pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Professora de arte da Rede Municipal de Ensino de Belém, com crianças e adolescentes do Ensino Fundamental I e II. E-mail: larissa.cavalcante90@gmail.com

la enseñanza de la geometría, la proporcionalidad y su relación con los números irracionales, la construcción de formas geométricas dinámicas que incluyen el rectángulo áureo, las espirales y la estética de los ornamentos decorativos en las artes visuales, ampliamente utilizados en la arquitectura griega clásica.

Palabras clave: Simetría dinámica; Jay Hambidge; Arte matemático; Construcciones geométricas; Enseñanza de la geometría.

INTRODUÇÃO

No decurso de nossa trajetória humana no planeta aprendemos a exercitar nossa habilidade de observação do mundo em que habitamos. Será que esse exercício nos tornou capazes de imaginar, compreender ou explicar os mais variados fenômenos naturais e sociais ou para criar novas possibilidades de ser-estar neste mundo? Para qualquer uma dessas possibilidades de lidar no/com o mundo, compreendemos que ao seguir nossos olhos em qualquer direção ao nosso redor, exercitamos nosso olhar sob pontos de vista comparativos e analógicos que acabam por nos fazer imaginar relações simétricas entre as coisas postas nos mais variados lugares por onde habitamos em nossas vidas diárias.

A partir de indagações individuais e coletivas tal como foi mencionado anteriormente, é possível identificarmos relações que evocam comparações envolvendo simetrias em uma diversidade de objetos naturais e culturais, como por exemplo nas plantas e animais, a exemplo das asas de uma borboleta ou nas obras arquitetônicas, para não falar de fenômenos referentes às reflexões de objetos no espelho d'água, dentre outros. Situações como essas nos levam naturalmente a nos questionarmos se a noção de simetria é inata aos seres humanos, devido a esse exercício comparativo-analógico estabelecido em nosso pensamento, ou seja, essas situações da nossa dinâmica humana nos levam a interrogar-nos: será que a noção de simetria está incorporada em nós como um padrão contra o qual medimos o apelo estético para avaliar nossas construções mentais e físicas?

Talvez seja a partir de situações interrogativas como essas, de que a noção de simetria tenha se tornado um sonho matemático que ao longo do espaço-tempo foi se tornando realidade científica, uma vez que as simetrias de ponto e linha que foram extensivamente estudadas por si só, foram generalizadas e aplicadas a quase todas as áreas da matemática, até mesmo à matemática escolar.

É assim que o objetivo central deste artigo é apresentar uma revisão bibliográfica e uma revisão comentada do centenário livro de Jay Hambidge intitulado *The Elements of Dynamic Symmetry* (Os Elementos de Simetria Dinâmica), apoiado no pressuposto de que as ideias abordadas pelo autor atravessaram o século XX e possibilitaram as criações na arte geométrica com movimento entre as formas para dar sentido e significado ao que se quer expressar na estética da arte visual que se propõe a uma interpretação e representação matemática desse movimento.

Para tanto, mostraremos algumas implicações do trabalho proposto por Hambidge em outras produções científicas e das artes visuais, por admitirmos que a simetria dinâmica tratada por Hambidge pode ser considerada uma maneira bem adequada de se tratar de uma das partes mais belas e úteis do mundo geométrico: as transformações, ou seja, os processos de trasladação (translação), giros e outros reflexos de uma imagem de um objeto no plano ou no espaço.

No caso da arquitetura, trata-se de uma atividade laboral que nos fornece uma oportunidade especial de experimentar a simetria, bem como de vê-la, como por exemplo os elementos identificados em um templo grego ou romano por seu pórtico e frontões. Naturalmente, na composição desses elementos, seria de se esperar encontrar vários tipos de relações de simetria, nos levando a admitir que se trata da harmonia entre forma e tamanho que envolvem relações as partes de um objeto ou imagem. Logo, pode ser definida como tudo aquilo possível de ser dividido em partes, desde que as partes sejam exatamente iguais. Assim, se traçarmos uma linha reta dividindo ao meio uma figura e as duas partes, quando colocadas, uma sobre a outra, forem iguais, podemos dizer que a figura é simétrica.

No campo estético, a simetria é a responsável por proporcionar harmonia a uma imagem, e consequentemente, a sua beleza. Quanto mais simétrico for um objeto ou figura, mais belo tende a ser considerado, conforme o conceito de estética adotado. Na geometria, entretanto, a linha que mostra a separação de uma figura em duas partes iguais em uma relação simétrica recebe o nome de eixo de simetria, isto é, uma linha, imaginária ou real, que divide a figura ou objeto em partes idênticas (simétricas), em correspondência entre posição, forma e medida em relação a um eixo. Esta é a existência de harmonia entre duas ou mais partes da figura ou objeto posto em correlação comparativa.

Significa, portanto, que se as duas partes de um objeto forem iguais, podem ser sobrepostas, de forma que coincidam. Algumas formas geométricas, objetos artísticos, itens presentes na natureza ou mesmo corpos humanos são simétricos. Assim, constituem uma relação de paridade em respeito à altura, largura e comprimento das partes necessárias para compor um todo, ou seja, é uma propriedade geométrica em que as figuras possuem formas exatamente iguais, voltadas umas para as outras, rotacionadas ou transladadas.

SOBRE OS PROCEDIMENTOS E MÉTODOS DE PESQUISA PARA A ESCRITA DO ARTIGO

Um dos principais motivos iniciais da pesquisa foi conectar as ideias referentes à simetria dinâmica com outras formas de composição geométrica que pudessem contribuir na exploração da geometria visual em artefatos culturais produzidos na região amazônica brasileira como pinturas corporais indígenas, cestarias, azulejos decorativos antigos, dentre outras manifestações da arte geométrica visual que pudessem ser utilizadas para abordagem de temas da geometria, proporcionalidade e medidas, tanto na educação básica como em curso de formação e professores que ensinam matemática.

Não resta dúvida que, além dos objetos culturais que citei anteriormente, existem muitos outros aspectos que podem ser explorados, alguns dos quais se entrelaçam em termos conceituais sobre geometria, proporcionalidade e formas. Igualmente, também foram identificados outros poucos que divergem a tal ponto de não poderem ser usados para o mesmo objeto, mas que remetem aos conceitos, propriedades e relações conformadas pela simetria dinâmica.

Assim sendo, a pesquisa foi realizada com base em um estudo preliminar dos princípios da simetria dinâmica presentes no livro de Jay Hambidge (1920) que se constituiu no levantamento e interpretação documental do livro, fundamentada no método da tradução

e análise do conteúdo do referido livro, seguindo posteriormente com o aprofundamento do tema em outros estudos com vários livros que envolvem aspectos sobre o assunto.

UM CONCEITO CONSTRUÍDO HISTORICAMENTE

No decorrer de diferentes períodos da história da humanidade, foram e ainda são atribuídos diversos significados para a palavra simetria. A história da simetria abrange desde os tempos antigos, com os gregos associando-a à ordem e beleza universais, até a era moderna, onde é crucial na matemática e na física. O termo simetria deriva das palavras gregas *sun* (que significa “com” ou “junto”) e *metron* (“medida”), resultando em *summetria*, e originalmente indicava uma relação de comensurabilidade (tal é o significado codificado nos Elementos de Euclides, por exemplo). Rapidamente adquiriu um significado adicional, mais geral: o de uma relação de proporção, fundamentada em números (inteiros), e com a função de harmonizar os “diferentes” elementos em um “todo unitário”.

Desde o início, portanto, a simetria esteve intimamente relacionada à harmonia, à beleza e à unidade, e isso se provou decisivo para seu papel nas teorias da natureza. No *Timeu* de Platão, por exemplo, os poliedros regulares ocupam um lugar central na doutrina dos elementos naturais devido às proporções que contêm e à beleza de suas formas: o fogo tem a forma do tetraedro regular, a terra a forma do cubo, o ar a forma do octaedro regular, a água a forma do icosaedro regular, enquanto o dodecaedro regular é usado para a forma de todo o universo. A história da ciência fornece outro exemplo paradigmático do uso dessas figuras como ingredientes básicos na descrição física: o *Mysterium Cosmographicum* de Kepler, de 1596, apresenta uma arquitetura planetária fundamentada nos cinco sólidos regulares.

A esse respeito podemos citar por exemplo, a definição de Vitruvius (c. 80/70 a.C – 15 a.C)³ para simetria diz respeito a uma correspondência de medida entre uma certa parte dos membros de cada obra e a obra toda. Contudo, em alguns casos a palavra simetria presente na obra de Vitruvius foi traduzida para diversos idiomas com o significado de proporção. O conceito de simetria (como em formas cujas metades esquerda e direita se espelham) originou-se na Itália no início do Renascimento.

Para Michael Selzer (2015), desde o início, o termo foi associado à crença de que as formas da natureza são simétricas e que nada pode ser belo a menos que também tenha uma forma simétrica, conforme enfatizado por quando denomina tal característica como norma de simetria. tal norma foi logo adotada em toda a Europa Ocidental e literalmente mudou a face do continente, pois seus defensores não apenas exigiam que todos os novos edifícios fossem simétricos, mas também que importantes igrejas medievais e outros edifícios públicos recebessem novas fachadas simétricas. As texturas fluidas e visualmente complexas do *hortus conclusus* (jardim fechado) medieval também foram substituídas pelas formas rígidas, simétricas e instantaneamente compreendidas do jardim renascentista.

³ Vitruvius Polião foi um arquiteto romano cujo conceito de proporção do corpo humano foi considerado um cânone que seguia um determinado raciocínio matemático baseado no princípio da proporção divina, na qual o homem constitui um modelo ideal, cujas proporções são perfeitas e representam o ideal clássico de beleza.

Desde o Renascimento, a autoridade e o escopo da norma de simetria continuaram a ser ampliados. É agora um ditado entre os arqueólogos que os templos gregos são simétricos; entre os físicos que os cristais, incluindo os flocos de neve, são simétricos; entre os antropólogos que a arte de povos primitivos em todos os lugares sempre foi simétrico; e entre psicólogos, que os humanos acham formas simétricas mais atraentes do que assimétricas.

Outro exemplo clássico de significado atribuído ao tema da simetria aparece no livro *Éléments de Géométrie* (1794), de Adrien-Marie Legendre (1752-1833), quando o autor apresenta um conceito moderno de simetria, considerado inovador para sua época, que está mais relacionado com uma relação entre sólidos, independente das posições que ocupam no espaço. Essa concepção tornou possível admitir que resultados anteriores em geometria espacial pudessem ser demonstrados trazendo independência em relação à sobreposição de sólidos.

Ao discorrer sobre esse assunto, Jay Hambidge destaca que durante a decadência da arte grega, os princípios e métodos da simetria dinâmica foram perdidos e, portanto, em grande detrimento da arte, não foram utilizados durante o período romano, na Idade Média. Hambidge afirma, ainda, que desde os gregos a arte geométrica que expressa simetria, era caracterizada por ser um “simetria estática”, cujas formas evidenciam dimensões comensuráveis umas às outras, mas que denotavam uma certa carência de vitalidade e sutileza de forma que expressassem um movimento de deslocamento de cada um dos elementos que faziam parte da composição estética da arte geométrica elaborada naquele momento.

Contudo, outras publicações se seguiram ao longo do século XX, conforme mencionarei a seguir.

SOBRE A SIMETRIA DINÂMICA EM DIVERSAS PUBLICAÇÕES TEMÁTICAS

A respeito das publicações sobre o tema da simetria, primeiramente destaco o livro *Simetria Dinâmica* (Alsina; Perez; Ruiz, 1989) publicado em espanhol, no qual os autores abordam o tema justificando porque se deve estudar simetria dinâmica como um processo de inovação matemática operacionalizado nas transformações dos objetos geométricos euclidianos em suas relações analógicas com o objetivo de apresentar o mundo em transformação natural, social e cultural, a partir de suas propriedades e combinações de formas e posições.

Na mesma esteira, o tema é abordado de uma forma histórica e problematizadora no livro intitulado *A equação que ninguém conseguia resolver: como um gênio da matemática descobriu a linguagem da Simetria*, e a esse respeito seu autor, o astrofísico e matemático Mario Livio (2008, p. 13) apresenta uma historiografia atualizada sobre o tema, na qual assegura que a simetria é a ferramenta suprema para preencher a lacuna entre ciência e arte, entre psicologia e matemática, posto que permeia objetos e conceitos que vão desde os tapetes persas às moléculas da vida.

Sob um enfoque similar, outro autor que discorre sobre o tema é Ian Stewart (2021) no livro *Uma história da simetria na Matemática*, ao asseverar que a simetria não é um número nem um formato, mas é um tipo especial de transformação, ou seja uma maneira de

mover um objeto, de modo que ao ser movido, o objeto ainda pareça ser o mesmo, embora muitas vezes tenha sofrido transformação em sua posição original. O autor destaca que foi no século XX, que a simetria emergiu como elemento central das noções mais essenciais da física e da cosmologia. Portanto, esse é por exemplo um aspecto fundamental do processo dinâmico da simetria muitas vezes percebida pelo nosso olhar comparativo-analógico sobre o mundo.

Nessa esteira, Stewart (2021), ainda enfatiza que a origem da simetria parece ter sido reconhecida por milênios antes de ser matematicamente definida. Os matemáticos acreditavam que o único obstáculo para a resolução de equações de alto grau era sua complexidade. No entanto, no século XVIII, essa crença começou a ser questionada. A descoberta dos grupos por Évariste Galois tornou-se central para a moderna matemática. Eles também unificam diversas vertentes complexas da análise complexa. O campo da topologia introduziu grupos fundamentais e pode ser usado para estudar nós. Essa riqueza de fontes originalmente ofuscou a simplicidade subjacente do conceito de grupo, e a definição atual evoluiu a partir de muitas variantes relacionadas.

Em um contexto específico relacionado à arte e arquitetura, no livro *Squaring the Circle: Geometry in Art and Architecture* (Quadratura do círculo: geometria na Arte e na Arquitetura), seu autor, Paul A. Calter (2008), explora os conceitos fundamentais da geometria e suas aplicações históricas e contemporâneas na arte e na arquitetura e enfatiza apresentações geométricas de conceitos matemáticos em contextos artísticos e arquitetônicos como o conceito de simetria dinâmica, a partir de três livros publicados por Jay Hambidge. A esse respeito, Calter (2008) assevera que a simetria dinâmica chamou a atenção de muitos artistas e foi vista como uma forma racional de retornar ao bom senso por meio da simetria dinâmica que renovou os conceitos clássicos de ordem, harmonia, beleza e verdade.

Em um estudo sobre as geometrias simbólicas na arquitetura, Mário Henrique S. D'agostinho (2006), discorre sobre o espaço e ordem visual do Renascimento às Luzes a partir de diversos conceitos geométricos historicamente construídos, dentre os quais destaca a simetria como um tipo de matemática do visível, com destaque para os modos como o termo foi concebido e implicado nas artes visuais desde a Antiguidade, passando por Vitruvius, Luca Pacioli, Brunelleschi, Alberti, até a reorganização da ordem clássica ao espaço moderno, em que o conceito de simetria se ampliou em uma dinâmica geométrica que procurou promover uma estética do movimento das formas.

Há ainda, outros usos das lições de Hambidge, como por exemplo em um artigo intitulado *Almada Negreiros and the Geometric Canon*, no qual seus autores Simão Palmeirim Costa e Pedro J. Freitas (2015)⁴ fazem uma análise matemática de uma série de obras de artes geométricas abstratas do artista português Almada Negreiros (1893-1970), compreendidas no contexto da busca do artista por um cânone. A esse respeito Casta e Freitas (idem) exploram aspectos da simetria dinâmica de Hambidge e asseveram que

(...) todas as linhas marcadas com $\emptyset$ são diagonais de retângulos áureos, e a linha marcada com $\sqrt{5}$ é a diagonal de um retângulo em que o comprimento do lado maior é $\sqrt{5}$ vezes o do menor. Além disso, pode-se ver uma intersecção de quatro linhas, duas

4 Este texto foi originalmente publicado em <http://rmm.ludus-opuscula.org/>

retas e dois arcos de círculo, no canto superior esquerdo (convidamos o leitor a verificar se as quatro linhas se cruzam). As duas retas azuis nesta intersecção são chamadas de diagonais recíprocas no livro de Hambidge. Estas são linhas perpendiculares que podem ser usadas para construir retângulos semelhantes, que têm essas linhas como diagonais. Hambidge também faz um estudo extensivo de retângulos de proporções dadas $\emptyset$ e $\sqrt{5}$ estão entre eles), aplicando-os à análise da arte (especialmente de vasos gregos). Almada reconheceu a influência de Hambidge em seu próprio trabalho, embora reivindicando originalidade em suas próprias construções (Costa; Freitas, 2015, p. 10-11).

A esse respeito explicitam que a simetria dinâmica de Hambidge contribuiu na composição dos desenhos de Almada Negreiros, partindo de um quadrado em sua relação com um quarto de círculo inscrito nele um quadrante ou de um retângulo, formado por duas dessas figuras. Igualmente Costa e Freitas (2015) esclarecem que a partir deste ponto de partida é possível obter vários elementos geométricos considerados por Almada como canônicos, como

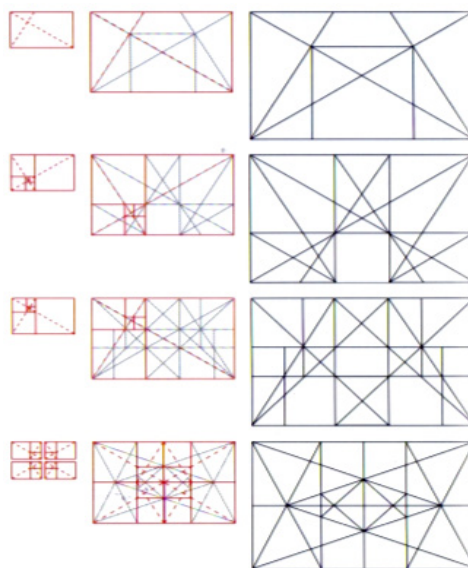
a divisão do círculo em partes iguais ou a razão áurea.

Além das referências mencionadas anteriormente, identificamos no livro *geometria do design*, de Kimberly Elam (2010), uma abordagem temática das ideias referentes à simetria dinâmica, quando o autor aborda sobre os retângulos áureos dinâmicos.

Todos os retângulos se dividem em duas categorias: os retângulos estáticos, com razões de frações de números racionais (como $1/2$, $2/3$, $3/3$, $3/4$, etc.), e os retângulos dinâmicos, com razões de frações de números irracionais (como $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\emptyset$ da seção áurea, etc.). Quando divididos, os retângulos estáticos não resultam numa série de superfícies proporcionais visualmente atraentes. (...) Os retângulos dinâmicos produzem, ao se dividirem, uma interminável quantidade de subdivisões e razões de superfícies harmoniosas em termos visuais, pois suas razões derivam de números irracionais (Elam, 2010, p. 32).

A esse respeito Elam (2010, p. 32) apresenta diagramas que ilustram vários exemplos de subdivisões harmônicas de retângulos áureos dinâmicos (figura 1).

Figura 1 - Retângulos áureos dinâmicos.



Fonte: Elam (2010, p. 32).

Na mesma esteira de conexões entre a simetria dinâmica de Hambidge (1920, 1922, 1923) e a geometria na arte identificamos, ainda, uma publicação de Matila Ghyka (1977), na qual o autor explora aspectos fundamentais da simetria dinâmica em capítulos do livro que tratam da transmissão de símbolos e planos geométricos, cânones gregos e góticos de proporção, bem como sobre composição sinfônica. Com base na sua pesquisa, a publicação de Matila Ghyka (1977) se relaciona à simetria dinâmica de Hambidge (1920, 1922, 1923) na construção de sua arte geométrica, com aprofundamento e popularização das teorias relacionadas à simetria dinâmica. Assim, o trabalho de Ghyka (idem) explora as relações proporcionais e a aplicação de princípios geométricos, especialmente a proporção áurea, na natureza e na arte. A partir de sua apropriação teórica Ghyka (idem) cita e se baseia constantemente nos estudos de Hambidge (1920, 1922, 1923), sobre um sistema da simetria dinâmica, de modo a encontrar bases matemáticas para expressar a beleza e a harmonia das formas artísticas e naturais.

Também identificamos que em seu livro *The divine proportion: a study in mathematical beauty*, H. E. Huntley (1970) explorou a simetria dinâmica para buscar relações entre a matemática e a estética, ao usar a proporção áurea para demonstrar a presença da beleza em padrões geométricos, na natureza, na arte e na música. Adotou a ideia de que a proporção áurea — também conhecida como “divina proporção” ou “phi” (aproximadamente 1,618)—é uma característica geométrica que ecoa na psique humana. Neste sentido, dinamizou esse movimento em torno do conceito de simetria, ao abordar a arte e o retângulo áureo tendo em vista expressar a divina proporção na forma de uma estética experimental refletida nas construções arquitetônicas de estilo grego que envolvem espirais logarítmicas tal como são abordadas por Hambidge (1920).

Dentre os autores mencionados ficou evidenciado o princípio dinâmico estabelecido no exercício cognitivo que envolve o olhar correlacional no sentido comparativo-analógico, concernente à simetria nas operações que envolvem uma dinâmica de observação dos objetos disponíveis em nosso mundo natural e sociocultural. Essa dinâmica é, muitas vezes, natural e aperfeiçoada pelos nossos modos de representação dessas relações e outras vezes produzida por nós para gerar impactos estéticos nos sistemas socioculturais em que habitamos ou na instalação de uma estética para ambientes que imaginamos e criamos.

É assim que o tema do centenário livro *The Elements of Dynamic Symmetry*, de Jay Hambidge (1920), se refere à simetria dinâmica, apoiado na ideia de ser possível criar uma sensação de movimento entre as formas para dar sentido e significado ao que se quer expressar na estética da arte visual por meio de uma interpretação e representação matemática. Deste modo, a simetria dinâmica passa a ser considerada um objeto de estudo sobre uma das partes mais belas e úteis do mundo geométrico: as transformações, ou seja, os processos de trasladação (translação), giros e outros reflexos de uma imagem de um objeto no plano ou no espaço. Vejamos a seguir uma síntese sobre seu autor.

UMA NOTA SOBRE JAY HAMBIDGE

Edward John Jay Hambidge (1867–1924) nasceu no dia 13 de janeiro de 1867, no Canadá e faleceu em Nova Iorque (EUA), em 20 de janeiro de 1924. Foi um artis-

ta que formulou uma teoria denominada *Simetria Dinâmica*; um sistema que define regras de composição, que foi adotado por vários artistas norte americanos e canadenses notáveis no início do século XX. Foi aluno da *Art Students' League*⁵ em Nova York e de William Merritt Chase⁶ (1849 – 1916), e um estudante completo de arte clássica. Concebeu a ideia de que o estudo da aritmética com o auxílio de desenhos geométricos era a base da proporção e simetria na arquitetura, escultura e cerâmica gregas⁷.

Durante sua vida artística inicial, período em que frequentou a Art Students League, uma escola de arte independente em Nova York. Além disso, ele foi aluno do pintor americano William Merritt Chase, conhecido como um expoente do impressionismo, que fundou a Chase School (que mais tarde se tornaria Parsons The New School for Design).

Em 1897, ele foi contratado pela Life Magazine—junto com seu amigo Peter McArthur—para escrever e ilustrar uma série sobre humor e matemática. Sua pesquisa os levou a redescoberta de uma lei natural de proporção perdida na arte e no *design*.

No início dos anos 1900, Hambidge passou muito tempo estudando arte clássica e viajando para a Grécia. Em 1918-1919, ele também conduziu uma pesquisa sobre a medição da figura humana na Harvard Medical School. Ele vinculou a figura humana e o crescimento das plantas ao design grego clássico, concentrando-se em edifícios clássicos como o Partenon, o templo de Apolo em Bassæ, de Zeus em Olímpia e Atenas em Ægina. O exame cuidadoso e as medições desses edifícios clássicos na Grécia o levaram a formular sua teoria da *Simetria Dinâmica*, conforme demonstrado em suas obras *Dynamic Symmetry: The Greek Vase (Simetria Dinâmica: o Vaso Grego)*, publicado em 1920 e *The Elements of Dynamic Symmetry (Os Elementos da Simetria Dinâmica)*, publicado em 1926.

Em 1921, artigos críticos às teorias de Hambidge foram publicados por Edwin M. Blake no *Art Bulletin*, e por Rhys Carpenter no *American Journal of Archaeology*. O historiador de arte Michael Quick afirmava que Blake e Carpenter “usaram métodos diferentes para expor a falácia básica do uso de Hambidge de seu sistema na arte grega — que em suas construções mais complicadas, o sistema poderia descrever qualquer forma”⁸. Em 1979, Lee Malone asseverou que as teorias de Hambidge foram desacreditadas, mas que elas tinham atraído muitos artistas americanos no início do século XX porque “ele estava ensinando precisamente as coisas que certos artistas queriam conhecer, especialmente aqueles que tinham aberto um caminho tão breve na observação da cena americana e que naquele momento se encontravam deslocados pela força das tendências europeias contemporâneas”.

5 Foi uma escola de arte fundada em 1875 e sua criação veio em resposta a dois fatos: o intervalo antecipado do programa de classes da *Academia Nacional de Design* para aquele ano e o desejo de longa data dos alunos em terem uma educação artística com maior variedade e flexibilidade.

6 Foi um pintor americano, conhecido como expoente do impressionismo e como professor. Ele também é responsável por estabelecer a Chase School, que mais tarde se tornou a Parsons School of Design.

7 Para maiores aprofundamentos ver: Blake, Edwin M. (março de 1921). *Simetria dinâmica - uma crítica*. *The Art Bulletin*.3(3): 107–127. doi:10.2307/3046381.JSTOR 3046381.

8 Maiores detalhes ver Bellows, George e Michael Quick (1992). *As pinturas de George Bellows*. Fort Worth, Texas: Museu Amon Carter. p. 94 n. 55. ISBN 0883600684.

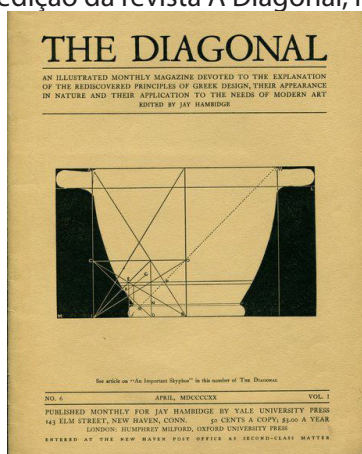
Figura 2 -Jay Hambridge sentado diante de seu quadro-negro com um triângulo na mão, ca. 1920.



Fonte: Fotografia desconhecida. Jay Hambridge Papers, em depósito do Hambridge Center. Geórgia.

Contudo, as teorias de Hambidge ofuscariam, em muito, todas as ilustrações e pinturas que ele criou para livros e revistas, incluindo *Century*, *Collier's*, *St. Nicholas*, *Harper's Monthly*, *Scribner's* e *McClure's*⁹. Enquanto trabalhava em um artigo para a revista *Life* com Peter McArthur, Hambidge se interessou pela arquitetura grega e pela matemática por trás de sua estética. Sua análise da arte grega levou Hambidge à redescoberta da *Simetria Dinâmica*, com viés aritmogeométrico¹⁰, considerando-a a lei do *design* natural baseada na simetria do crescimento do homem e das plantas. Ao estudar as proporções utilizadas em tudo, desde vasos gregos até a arquitetura, ele descobriu que muitos desses elementos sustentavam a Proporção Áurea (1,618): uma proporção considerada como uma harmonia produzida organicamente na natureza. Hambidge publicou suas descobertas como uma série de lições em sua revista, *The Diagonal* (A Diagonal, figura 3), que mais tarde foram compiladas no livro *The Elements of Dynamic Symmetry*. Quando Hambidge mais tarde estudou arte contemporânea, observou que as formas perfeitas da natureza já estavam sendo aplicadas à arte, mesmo que inconscientemente.

Figura 3. Imagem de uma edição da revista A Diagonal, no 06, V. 01, de abril de 1920.



Fonte: <https://mirtarotondo.com/blog/jay-hambidge/>

⁹ Ver: Walt Reed, *O ilustrador na América: 1860-2000* (Sociedade de Ilustradores, 2001), 77.

¹⁰ Trata-se de uma forma de explorar um objeto geométrico por meio de associação simultânea entre os métodos aritmético e geométrico para problematizar e explicar essa dinâmica referente à simetria, principalmente quando envolve razão, proporção, medida e formas geométricas para explicitar harmonia estética na arte visual.

Com base na elaboração e refinamento de sua teoria durante os 10 anos seguintes, Hambidge viajou e ensinou amplamente nas mais prestigiosas universidades americanas, incluindo Yale e Harvard, sustentando, de maneira bastante enfática, que a aplicação universal dessas proporções alcançaria beleza e harmonia. Quando a teoria ficou melhor estruturada, Hambidge passou a ser reconhecido como o teórico central no que diz respeito ao renascimento da Seção Áurea como uma metodologia de *design*¹¹.

O autor publicou suas descobertas em vários livros sobre simetria dinâmica ao longo de sua carreira. Depois de escrever *Dynamic Symmetry and the Greek Vase* e *Dynamic Symmetry and the Greek Parthenon*, seus contemporâneos, incluindo Robert Henri (1865-1929) e George Bellows (1882-1925), começaram a se interessar e empregaram a proporção em seus próprios trabalhos¹². O trabalho do artista é reconhecido por ter influenciado muitos outros artistas também, incluindo Maxfield Parrish (1870-1966), Al Nestler (1900-1971), a cartunista *do New Yorker* Helen Hokinson (1893-1949) e Clay Wagstaff (1964-). Norman Rockwell (1894-1978) também experimentou a Simetria Dinâmica, mas achou sua especificidade matemática muito restritiva.

Embora as ideias de Hambidge não fossem consideradas novas na época, ele tentou estabelecer uma base científica para o conceito de harmonia que teve diferentes interpretações metafísicas ao longo da história. Todavia, alguns críticos ingleses afirmem que Hambidge não tentou formular uma nova teoria, mas apenas recuperou uma técnica perdida. Significa, portanto, que ele tratou, de fato, foi de uma nova abordagem para a conhecida seção áurea, explorando novamente o que Pitágoras (século V a.C.), Euclides de Alexandria (século IV a.C.), Fibonacci (século XIII), Luca Pacioli e Leonardo da Vinci (século XVI), e Immanuel Kant (século XVIII) já haviam estudado e problematizado. Contudo, muitos de seus comentadores e críticos mencionam que Hambidge lançou uma nova dimensão filosófica para os artistas de sua época.

Dentre as principais obras do autor sobre o tema, com as datas da primeira edição, podemos destacar as seguintes:

1. The Elements of Dynamic Symmetry (1920)
2. Dynamic Symmetry. The Greek Vase (1922)
3. Dynamic Symmetry in Composition as used by artists (1923)
4. The Parthenon and other Greek Temples, Their Dynamic Symmetry (1924)
5. Practical Applications of Dynamic Symmetry (1932)
6. The fundamental principles of dynamic symmetry as they are expressed in nature and art. A mathematical and geometrical treatise

Neste artigo apresentaremos uma visão descritiva e comentada sobre o tema *simetria dinâmica* a partir do livro *The Elements of Dynamic Symmetry*, publicado originalmente em 1920, com várias reimpressões publicadas ao longo do século XX. Igualmente acrescentaremos alguns apontamentos sobre o uso desse conceito por outros autores em outras publicações sobre o tema.

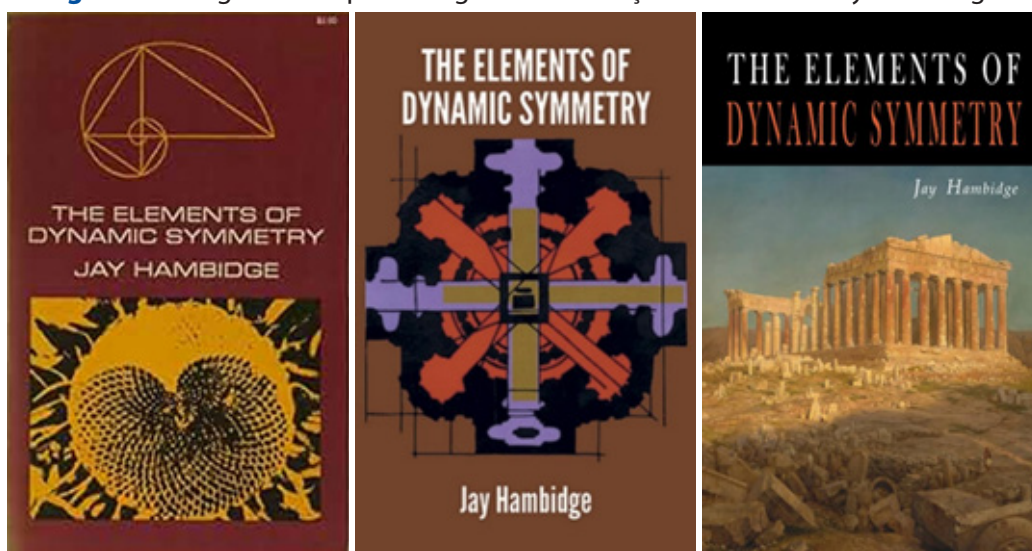
11 Para aprofundamento, consultar: Thomas Detrie: Princípios da Gestalt e simetria dinâmica: conexões do design da natureza com nosso mundo construído. Universidade Estadual do Arizona. 2002. http://www.public.asu.edu/~detrie/msjuc_daap/article.html.

12 Para maiores detalhes, consultar: Ramon Sandino: A Proporção Áurea. Ramon Sandino. <http://ramonsandino.com/goldenratio/index.html>.

A COMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DO LIVRO THE ELEMENTS OF DYNAMIC SYMMETRY

O livro *The Elements of Dynamic Symmetry* já teve mais de quatro edições publicadas em língua inglesa; sua primeira edição foi publicada originalmente em 1920, na qual seu autor nos apresenta uma linguagem atual e muito didática para a época, com a finalidade de abordar o tema da simetria dinâmica como um exercício de aprendizagem matemática da expressão estética por meio da geometria de transformações. Na prática trata-se da constituição estética de imagens de objetos e formas geométricas, que atualmente podem se tornar a base para interpretações de manifestações artísticas visuais como as artes de cestarias, pinturas corporais, azulejos decorativos, ornatos de rendas e bordados, fachadas de igrejas, palácios e outras obras arquitetônicas em geral, dentre outras expressões estéticas que compõem o acervo desse tipo de expressão artística.

Figura 4 - Imagens de capas de algumas das edições do livro de Jay Hambidge.



Fonte: arquivo da pesquisa

Em sua primeira edição o livro foi estruturado com um prefácio, uma introdução e mais duas partes elaboradas na forma de lições sobre simetria dinâmica, numeradas de 1 a 12 na primeira parte e de 1 a 9 na segunda parte, conforme mostraremos a seguir ao tratarmos de sua composição estrutural e do conteúdo do livro.

No prefácio da primeira edição do livro Hambidge refere-se ao assunto da seguinte maneira:

A simetria dinâmica não é um “atalho” para a expressão artística e dispositivos mecânicos tais como “triângulos” e “compassos dourados”, substitutos lógicos para o pensamento, em uma era escravizada pelas máquinas, que derrotam seu objeto. O processo de estudar e entender, de fato, o funcionamento de uma lei de *design*¹³ natural, abre um mundo de novas ideias e liberta a mente para criação verdadeira. Seu próprio elemento impessoal encoraja a originalidade e previne imitação. O conhecimento de uma lei básica dá uma sensação de segurança que permite ao artista colocar em prá-

¹³ No texto, a palavra *design* abrange vários significados; significa o arranjo geral das diferentes partes de algo que é construído, tal como um prédio; significa também a arte ou o processo de decidir qual será a aparência ou o funcionamento de algo através do desenho de projetos, construção de modelos e protótipos, etc. Significa também o desenho ou projeto em si que é utilizado como guia para a concepção de algo. Visto que a maioria desses significados também se aplica ao uso da palavra em português, decidimos manter a palavra em inglês (o mesmo se aplica à palavra *designer*).

tica sonhos que, em um caso contrário seriam dissipados em incertezas. (Hambidge, 1920, prefácio).

A introdução é denominada pelo autor por *síntese e análise*, na qual apresenta a diferença entre simetria estática e dinâmica, ao levar em consideração as fontes para o estudo de simetria dinâmica. A esse respeito busca uma forma concreta de exemplificar o tema por meio da problematização da simetria dinâmica de uma planta, associando sua estrutura morfológica a uma série de adições, a fim de explicar como a simetria dinâmica foi descoberta e como sua forma pode ser melhor matematizada através de uma espiral logarítmica, bem como a lei de filotaxia e a explicação de sua aplicação no design.

A primeira parte do livro refere-se aos Retângulos Simples e trata quadrado (ou unidade) na lição 1, momento em que o autor aborda métodos para manipular as formas (planas) da natureza tomando como base o quadrado e sua diagonal; e a relação com a metade de um quadrado (triângulo retângulo isósceles), bem como os retângulos de raiz construídos do lado de fora de um quadrado e as proporções lineares dos retângulos de raiz construídos dentro de um quadrado.

Na lição 2 são abordados os retângulos dos quadrados rodopiantes e o retângulo de raiz de cinco e sua construção (um retângulo de quadrado rodopiante), por meio de um método para construir um retângulo de raiz de cinco a partir de um retângulo do quadrado rodopiante.

Na lição 3 o autor aborda a aplicação de áreas, por meio do método simples dos gregos para a divisão de áreas, em um processo para a aplicação do quadrado em uma extremidade do lado de um retângulo. Na lição 4 aborda uma definição para a recíproca e a importância do seu design, além de explicar o que entende por “quadrados rodopiantes” e a relação entre quadrados rodopiantes recíprocos e o retângulo de raiz de cinco.

Na lição 5 aborda a diagonal de um retângulo a partir da 47ª proposição do primeiro livro de Euclides, seguindo com a apresentação da diagonal de uma recíproca e seus vários métodos de estabelecer recíprocas, finalizando com a espiral retangular e a intersecção de uma diagonal do todo com uma diagonal da recíproca, seguindo com a divisão dos retângulos de raiz em suas recíprocas.

A partir da lição 6 aborda a construção do retângulo de raiz de dois e suas relações com espirais retangulares neste tipo de retângulo, seguindo com a situação que envolve um retângulo de raiz de dois mais um quadrado, descrito dentro de um quadrado, e os descritos nos quatro lados de um quadrado. Aborda, também, a recíproca de um retângulo de raiz de dois mais um quadrado; um quadrado mais duas recíprocas de raiz de dois e a divisão de um retângulo de raiz de dois em suas recíprocas, finalizando com a divisão de quaisquer retângulos em terços.

A lição 7 envolve o retângulo de raiz de dois e a aplicação de áreas, com destaque para um quadrado “aplicado” às extremidades de um retângulo de raiz de dois e a aplicação de áreas à outras áreas – Um quadrado aplicado a cada extremidade de um retângulo de raiz de dois – Divisão de um retângulo de raiz de dois quando a diagonal do todo corta o lado de um quadrado aplicado – Aplicação de um quadrado em uma extremidade de um

lado de um retângulo de raiz de dois – Similaridade de figura – Um retângulo de raiz de dois aplicado ao quadrado de uma forma 2.4142 – Um quadrado aplicado a uma recíproca de raiz de dois.

Na lição 8, o autor trata da construção de um retângulo de raiz de três e da aplicação de um quadrado na extremidade de um retângulo de raiz de três – Um quadrado em uma extremidade aplicado ao lado de um retângulo de raiz de três – Divisão de um retângulo de raiz de três em suas recíprocas – Diferentes maneiras de dividir o retângulo de raiz de três em formas similares.

Na lição 9, intitulada *O Retângulo de raiz de quatro*, o autor aborda a construção de um retângulo de raiz de quatro a partir da divisão em suas recíprocas, por meio de um tratamento dinâmico e estático dado a um retângulo de raiz de quatro, considerando se tratar de um retângulo quadrado rodopiante aplicado a um retângulo de raiz de quatro, buscando obter um quadrado em uma extremidade, aplicado a um lado de um retângulo de raiz de quatro.

A lição 10 sob o título de *A construção de um retângulo de raiz de cinco*, o autor mostra quatro quadrados retângulos rodopiantes descritos nos quatro lados de um quadrado, considerando um quadrado aplicado na extremidade de retângulo de raiz de cinco e a construção de um quadrado em uma extremidade aplicado ao lado de retângulo de raiz de cinco, Segue com a divisão do retângulo de raiz de cinco em suas recíprocas.

Na lição 11, denominada *A Espiral e outras Curvas da Simetria Dinâmica*, o autor aborda a construção de uma espiral logarítmica ou de ângulo constante, comentando sobre ser a primeira descoberta geométrica feita pelos Gregos, assim como uma outra grande descoberta, que foi a da média proporcional¹⁴. A esse respeito define uma média proporcional e as linhas de proporção continuada, com vistas a desenhar uma espiral logarítmica no interior de um retângulo, a fim de explicitar modos de construção de volutas de diferentes tipos.

A lição 12, intitulada *Construções gerais para similaridade de figura* o autor trata do aumento e redução de formas através de uma diagonal e segue com a construção de formas similares que podem ser movidas para cima e para baixo em uma linha média, para em seguida abordar modos de construir formas similares a partir de qualquer ponto em um retângulo, evidenciando propriedades de modulação e mensurabilidade em áreas dinâmicas, seguindo com a construção de formas similares para subdivisões dinâmicas de áreas. Finaliza a lição com a apresentação do princípio eterno de crescimento em formas dinâmicas.

Na segunda parte do livro o autor trata sobre os retângulos compostos, iniciando a primeira lição com os *complementos de forma e cor comparados e a definição de um complemento*, bem como da relação entre áreas e seus complementos, Segue apresentando a divisão de áreas em termos de seus complementos e uma recíproca em um complemento de um retângulo de raiz de cinco. Nesse momento apresenta a intenção como fator dominante na expressão artística e a importância do uso de linhas diagonais para o artista para construir diferentes retângulos em forma única e múltipla dentro de áreas.

14 Na leitura e tradução do livro de Hambidge, consideramos que este termo significa a divisão proporcional ou média geométrica. Porém decidimos adotar neste artigo o termo cujo significado mais aproximado à língua original é média proporcional.

Na lição 2, denominada *Temas rítmicos do retângulo quadrado rodopiante* o autor trata dos retângulos de raiz de cinco dentro do retângulo dos quadrados rodopiantes. Em seguida esclarece sobre a análise aritmética e outras subdivisões do retângulo quadrado rodopiantes, além de abordar resumidamente outras proporções relacionadas ao tema desta lição.

A lição 3, intitulada *O Quadrado mais um retângulo de raiz de cinco e um retângulo quadrado rodopiante* aplicado a um quadrado o autor explica detalhadamente a relação que envolve o retângulo 1,4472 (raiz de cinco), a proporção chave para o projeto do Parthenon, associando a sua construção como fonte natural no pentágono regular. Em seguida trata de um modo adequado para desenhar um quadrado mais um retângulo de raiz de cinco, de modo a explicitar a conexão entre a proporção 1,4472 e 1,382. Mostra como um retângulo quadrado rodopiante é aplicado a um quadrado, com destaque para as diagonais do todo e as diagonais das recíprocas desenhadas para um retângulo quadrado rodopiante dentro de um quadrado.

Na quarta lição denominada *Retângulos compostos dentro de um quadrado* Hambridge explora as áreas em excesso de um retângulo de raiz de cinco posicionado dentro de um quadrado, evidenciando a fonte natural de um retângulo 0,809 e um retângulo 0,191, bem como um retângulo 1,191, todos relacionados às raízes quadradas, como forma de representação aritmogeométrica em formas da simetria dinâmica.

A lição 5, denominada *Análise profunda do quadrado*, o autor de fato apresenta uma análise de excesso de áreas resultadas da aplicação de um retângulo quadrado rodopiante em um quadrado. Já na lição 6, sob o título *A adição de unidade a áreas dinâmicas*, são mostradas as subdivisões consistentes de áreas dinâmicas geradas a partir desse retângulo quadrado, principalmente no retângulo 2,191 e em uma forma 1,382 aplicada a um retângulo 2,191, bem como outra forma 1,309 aplicada a um retângulo 2,191 em sua divisão mais profunda.

Na lição 7, intitulada *O Gnomon*¹⁵, o autor mostra a importância do design de similaridade de figura e porque os símbolos algébricos não são usados nesse processo, e apresenta o método analítico para determinar a natureza de áreas desconhecidas. Por fim discorre sobre o uso do gnomon do quadrado do carpinteiro (esquadro do carpinteiro)¹⁶.

A lição 8, que tem por título *Proporções usadas com maior frequência, suas recíprocas e divisões Simples*, contém uma lista com diagramas correspondentes, das proporções mais importantes da simetria dinâmica, com suas recíprocas, proporções de e recíprocas de. Na lição 9, são apresentadas as *Proporções usadas com maior frequência*, como continuação da lição 8, na qual o autor faz a análise de uma forma 2,309 com lista de suas subdivisões das formas 2,4472; 2,472; 2,618 e 2,764. Em seguida apresenta retângulos compostos incomuns dentro de um quadrado.

¹⁵ Um *gnômon* era originalmente usado como um dispositivo de cronometragem e mais tarde se tornou uma ferramenta para relacionar números a formas geométricas. Este termo também se refere à vareta de um relógio de sol, que projeta uma sombra sobre uma superfície para marcar as horas.

¹⁶ O *gnomon* do quadrado do carpinteiro se refere à figura em forma de “L”, formada por dois paralelogramos, que, quando adicionada a um quadrado, forma um novo quadrado maior. No contexto matemático grego, é a forma que pode ser adicionada a um quadrado para gerar o próximo.

No apêndice o autor explicita quais instrumentos se deve usar e como usá-los, seguindo com um anexo, no qual apresenta algumas definições selecionadas dos treze livros dos Elementos de Euclides e finaliza com a organização de um Glossário de termos importantes para a compreensão do assunto pelos leitores.

REFLEXÕES FINAIS

A primeira edição deste livro foi publicada originalmente em inglês, em 1920, na qual seu autor nos apresenta uma linguagem atual e muito didática para a época, com a finalidade de abordar o tema da simetria dinâmica como um exercício de aprendizagem matemática da expressão estética por meio da geometria de transformações, na prática de constituição estética de imagens de objetos e formas geométricas, que atualmente podem se tornar a base para interpretações de manifestações artísticas visuais como as artes de cesterias, pinturas corporais, azulejos decorativos, ornatos de rendas e bordados, fachadas de obras arquitetônicas em geral, dentre outras expressões estéticas que compõem o acervo desse tipo de expressão artística.

O estudo nos mostrou que o tema abordado é fundamental para o ensino de geometria, proporcionalidade e suas relações com os números irracionais, construção de formas geométricas dinâmicas envolvendo o retângulo áureo, espirais e a estética dos ornamentos decorativos na arte visual amplamente utilizada na arquitetura grega.

De um modo geral é possível antecipar que o livro de Hambidge pode ser considerado de uma utilidade conceitual e didática tanto para professores de Matemática, desenho ou pintura, quanto para estudantes de Matemática, Arquitetura, Artes Visuais ou pesquisadores que investiguem temas relativos à cultura das formas e suas relações com a Matemática, especialmente a geometria das transformações. Cabe a cada leitor fazer uso do material da melhor forma possível e se deixar levar pelas relações estéticas e matemáticas propostas pelo autor.

REFERÊNCIAS

ALSINA, Claudi; PÉREZ, Rafael; RUIZ, Ceferino. **Simetria Dinamica**. Madri: Editorial Sintesis S.A., 1989.

BLAKE, Edwin M. Dynamic Symmetry—A Criticism by Edwin M. Blake (The Art Bulletin 1921) Part 1. **The Art Bulletin** Vol. 3, No. 3 (Mar., 1921), pp. 107-127 (23 pages).

CALTER, Paul A.. Squaring the circle: geometry in art and architecture. New York: Key College Publications, 2008.

CH'NG, Eugene; NGO, David Chek Ling. **Screen design**: a dynamic symmetry grid based approach. In: Displays 24 (2003) 125–135. Acesso em 05/06/2025.

COSTA, Simão Palmeirim; FREITAS, Pedro J.. **Almada Negreiros and the Geometric Canon**. In: <http://rmm.ludus-opuscula.org/>. January 30, 2015. Acesso em 05/06/2025.

D'AGOSTINHO, Mário Henrique S.. **Geometrias simbólicas da Arquitetura**: espaço e ordem visual do Renascimento às Luzes. São Paulo: Editora HUCITEC, 2006.

ELAM, Kimberly. **Geometria do Design**: estudos sobre proporção e composição. Tradução Cláudio Marcondes. São Paulo: Cosacnaify, 2010.

FLETCHER, Rachel. Dynamic Root Rectangles Part Two: The Root-Two Rectangle and Design Applications. **Nexus Network Journal** 10 (2008) 149-178. Acesso em 05/06/2025.

FLETCHER, Rachel. Dynamic Root Rectangles Part One: The Fundamentals. **Nexus Network Journal** 9 (2007) 327-362. Acesso em 05/06/2025.

GARGUS, Jacqueline. **Mathesis Bound**: Kahn's Geometry and Its Context. In: **83RD ACSA Annual Meeting History/Theory/Criticism**, 1995. Acesso em 05/06/2025.

GHYCA, Matila. **The geometry of art and life**. New Yor: Dover Publications, 1977.

HAMBIDGE, Edward John Jay. **Dynamic Symmetry in Composition as used by artists** (1923)

HAMBIDGE, Edward John Jay. **Dynamic Symmetry**. The Greek Vase (1922)

HAMBIDGE, Edward John Jay. **Practical Applications of Dynamic Symmetry** (1932)

HAMBIDGE, Edward John Jay. **The Elements of Dynamic Symmetry**. (1920)

HAMBIDGE, Edward John Jay. **The Parthenon and other Greek Temples, Their Dynamic Symmetry** (1924)

HERZ-FISCHLER, Roger. **A mathematical history of the golden number**. New Yor: Dover Publications, 1998.

HUNTLEY, Ernest Hart. **The divine proportion**: a study in mathematical beauty. New York: Dover Publications, 1970.

LEGENDRE, Adrien-Marie. **Éléments de Géométrie, avec des notes**. Paris: Firmin Didot, 1794.

LIVIO, Mário. **A equação que ninguém conseguia resolver**: como um gênio da matemática descobriu a linguagem da Simetria. Rio de janeiro: Editora Record, 2008.

MCWHINNIE, Harold J. The Development of a Psychological Aesthetic: Jay Hambidge & Charles Henry. University of Maryland/College Park, 1991. Acesso em 05/06/2025.

MEDIAN, Helene. **The golden section and the artist**. Baltimore, Maryland 21217. <https://www.mathstat.dal.ca/FQ/Scanned/14-5/hedian.pdf>. Acesso em 05/06/2025.

SANDINO, Ramon. **A Proporção Áurea**. <http://ramonsandino.com/goldenratio/index.html>.

SELZER, Michael I. The Symmetry Norm and the Asymmetric Universe. Keep Ahead Monographs, 2015. Acesso em 21/09/2025.

STEWART, Ian. **Uma história da simetria na Matemática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2021.

Histórico

Recebido: 21 de agosto de 2025.

Aceito: 14 de novembro de 2025.

Publicado: 31 de dezembro de 2025.

Como citar – ABNT

MENDES, Iran Abreu; CAVALCANTE, Larissa Mendes. A arte matemática da simetria dinâmica de Jay Hambidge. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura – REMATEC**, Belém/PA, n. 55, e2025008, 2025.

<https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2025.n55.e2025008.id815>

Como citar – APA

Mendes, I. A., & Cavalcante, L. M. (2025). A arte matemática da simetria dinâmica de Jay Hambidge. *Revista de Matemática, Ensino e Cultura – REMATEC*, (55), e2025008. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2025.n55.e2025008.id815>

Número temático organizado por

Iran Abreu Mendes  

Cláudia Regina Flores  