

A concepção de uma obra arquitetônica depende de um variado conjunto de condicionantes. O programa de necessidades, as particularidades do contexto físico, as diferentes alternativas técnicas, as limitações econômicas, o meio sócio-cultural e, finalmente, as preferências plásticas conduzem a um sem número de conclusões individuais. Um determinado espaço pode ter infinitas soluções dimensionais, compatíveis com diferentes situações e ênfases projetuais diversas. O arquiteto, ao estabelecer alguma forma de ordenação, começa a buscar dentro do universo das infinitas possibilidades algo que atenda à sutil idéia de uma **justa medida**, uma relação proporcional necessária ao objetivo final de uma definição espacial harmônica e **bela**.

PROPORÇÃO

Em arquitetura **proporção** é um conceito fundamental e importantes autores vêm, há muito, fazendo uso deste termo até quando buscam definições para a própria arquitetura:

“A arquitetura não é senão a ordem, a disposição, a bela aparência, a proporção das partes face ao todo, a proporção e a distribuição.”

Michelangelo Buonaroti

“A arquitetura serve-se do número, da forma, da grandeza e dos materiais, por via da especulação, e serve-se ainda das proporções e das correspondências nos mesmos modos por que o faz o matemático.”

Vincenzo Scamozzi

“Na arquitetura o belo consiste essencialmente nas proporções: somente com a proporção e sem qualquer ornamentos um edifício pode ser belo.”

G. Winckelmann

“A arquitetura é uma ciência intelectual e prática que visa estabelecer, com o raciocínio, o bom uso e as proporções do que constrói.”

Carlo Lodoli

“A arquitetura, que de todas as artes é a mais submetida às condições materiais, econômicas e sociais, é também aquela que graças às proporções e as formas geométricas exprime as especulações mais abstratas do pensamento humano.”

Louis Hautecoeur

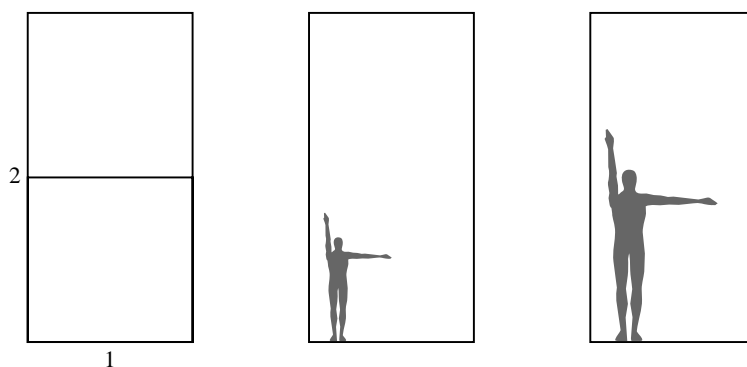
Para muitos teóricos é uma concepção que dá sentido, alicerça e consolida a própria ação projetual. No entanto, como já observado anteriormente, algumas vezes a noção de **escala** é confundida com a noção de **proporção**, sendo aquela explicada por esta e vice-versa, portanto é necessário esclarecê-las novamente (ver capítulo 1).

Em termos matemáticos **proporção** é uma igualdade entre **razões**. Uma **razão** é o resultado de uma divisão, de uma distribuição fracionária [*ratio* = rateio]. Quando essa distribuição não deixa sobras diz-se que é exata. Não há desperdício ou desequilíbrio. Quando duas razões são iguais, diz-se que são proporcionais. Ou seja, uma **proporção** refere-se a uma equivalência fracionária.

Em arquitetura grande parte das definições de **proporção** reconhecem uma relação quantitativa, expressa numericamente, entre tamanhos de partes de um edifício com a totalidade da edificação ou com outras partes do mesmo edifício. Por exemplo, se dissermos que uma janela tem de altura $\frac{2}{3}$ de uma porta estaremos estabelecendo uma **proporção**. Neste caso, a relação se efetua através do transporte dimensional de um elemento de uma dada edificação a outro elemento da mesma edificação, sendo o conjunto (toda edificação) considerado como um sistema fechado.

No entanto, as relações de proporção de uma edificação, por si só, não nos permitem conhecer as medidas de tal edificação. Para medi-la é necessário a utilização de uma referência dimensional externa a esse conjunto fechado, como, por exemplo, o metro. Se agora dissermos que a altura da porta será de 2,10m, aplicando-se a relação de proporção saberemos então que a janela terá 1,40m de altura.

Como já visto anteriormente, necessariamente a noção de **escala** supõe, portanto, que as medidas de um edifício, ou de parte dele, sejam relacionadas a uma referência dimensional exterior à edificação. Para os arquitetos, esta referência vai levar em conta o tamanho do ser humano. Na figura abaixo as duas formas espaciais guardam a mesma proporção 2 : 1, no entanto se considerarmos a figura humana as duas formas são distintas e por isso diferentes.



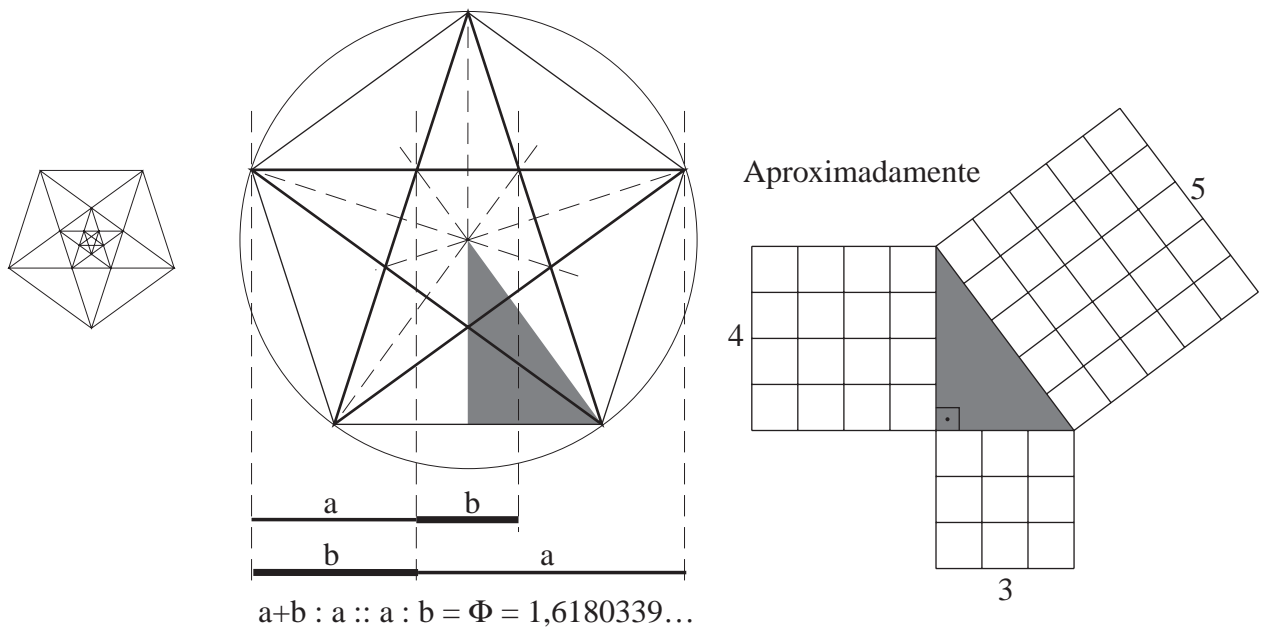
É importante ressaltar que esta abordagem pragmática da noção de **proporção** não é suficiente para explicar a sutileza da sua aplicação pelos arquitetos na busca das medidas adequadas para os elementos arquitetônicos numa composição harmônica ou **bela**. Uma compreensão mais ampla daquilo que significa “*a relação das partes de uma determinada composição entre si e das partes com o conjunto*” pouparia-nos de visões excessivamente reducionistas que possam eventualmente transformar-se em dogmas.

PROPORÇÃO E O BELO ARQUITETÔNICO

A questão da busca do **belo** se caracteriza como uma das áreas de interesse humano mais bem documentada desde a antiguidade. Os antigos textos examinam principalmente o **belo arquitetônico** e dentre as tradições que perduram até os nossos dias está a da beleza como um atributo das coisas. Os escritos de Platão sobre a beleza estão baseados na sua concepção de essência. Argumenta que tudo o que sabemos pela experiência cotidiana é opinião e que se deve procurar um saber real e permanente (*episteme*) que consistiria de essências. Uma dessas essências seria a da beleza, propriedade permanente de todos os objetos belos e que permanece imutável independentemente da admiração daquele objeto por algum indivíduo.

Um dos aspectos constantes dessa beleza permanente seria a **proporção**. Se atribui a Pitágoras a primeira tentativa de utilizar a linguagem matemática para conceber uma abordagem para esta idéia. Se crê que Pitágoras descobriu as relações dimensionais de proporção no comprimento das cordas de instrumentos musicais que produzem a harmonia de tons. A partir daí a noção de harmonia extraída da música passa ser aplicada a todo o cosmo: os números formam a essência de todas as coisas.

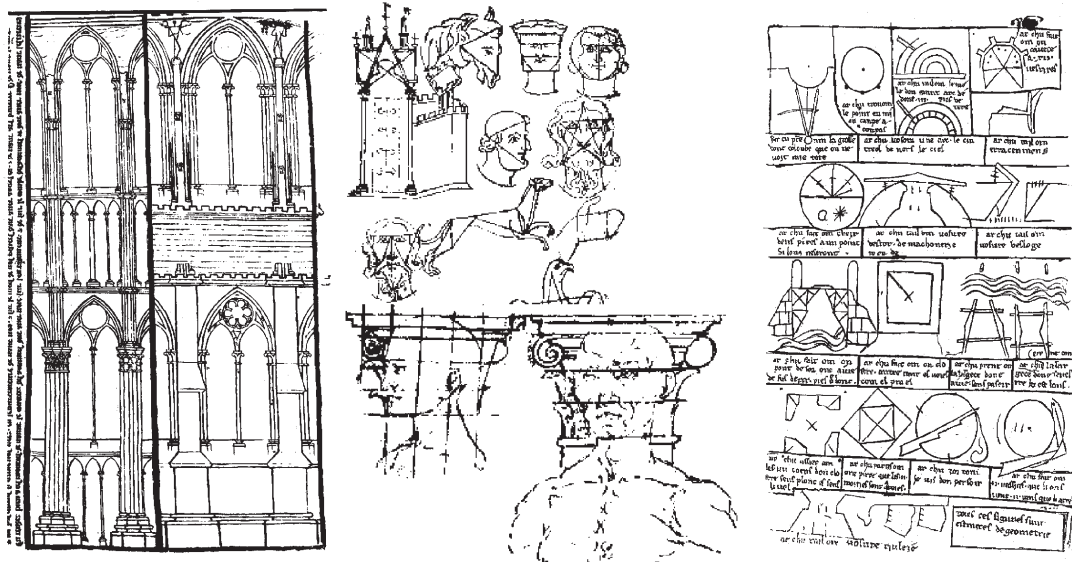
Pitágoras, ainda, nutria certa admiração mística e sagrada pelo **pentágono** regular e pelo **pentagrama**, o polígono regular estrelado de cinco pontas inscrito neste pentágono regular. Sobre estas bases buscou explicar também a proporção geométrica ideal dos aspectos físicos das coisas naturais, principalmente aquela de um corpo humano ideal, e de aplicá-la na arquitetura e na arte. Definiu, então, uma relação de proporção particular que se encontra no pentágono regular e no pentagrama, a da divisão de um segmento em média e extrema razão. Euclides iria definir esta relação da seguinte maneira: “*um segmento se divide em média e extrema razão quando todo o segmento está para a parte maior como esta última está para a menor*”.



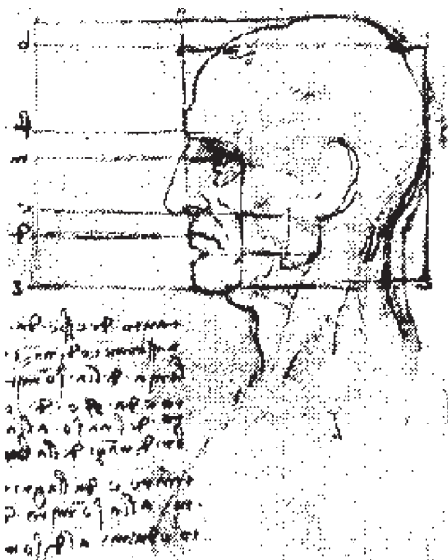
Alguns historiadores, como Hugh Casson, vão afirmar que as regras de semelhança e proporção matemática, se estabeleceram como forma eficiente de comunicar intenções arquitetônicas e controlar a execução da construção, quando não existia um sistema de medida padronizado e a transmissão de instruções construtivas era precária. No entanto, a tradição grega de proporção se manteve na arquitetura romana clássica, e chegou até nossos dias através do texto, já citado, de Vitruvio.

Vitruvio afirma que um edifício é belo não só quando a aparência da obra é de bom gosto e agradável mas também quando seus elementos são proporcionados de acordo com os princípios corretos de *si-metria*, aqui entendida no sentido original grego, como uma concordância correta ou justa de medidas entre os elementos de uma mesma obra e de sua relação com o esquema geral do conjunto e de uma certa parte, deste mesmo conjunto, eleita como módulo. Em geral, através da unidade modular do diâmetro das colunas (“canon” ou cânone) de uma determinada **ordem** eram definidas todas as medidas dos outros elementos que compunham as construções. As **ordens** (dóricas, jônicas, coríntias e toscanas) eram para os gregos e romanos, na antigüidade, a forma mais perfeita de expressão de beleza e harmonia.

Mesmo durante a Idade Média, onde os textos da antigüidade clássica não eram muito utilizados, as proporções e relações geométricas e numéricas continuaram sendo consideradas atributos importantes como se pode observar nestas páginas do caderno de esboços de Villard de Honnecourt (Século XIII) célebre arquiteto e construtor de igrejas góticas.



O Renascimento ocasionou um novo interesse pelos conhecimentos da antiguidade e reavivou o estudo das proporções pitagóricas. Um estudo de Leonardo DaVinci mostra as relações de proporção no rosto humano.



O maior tratadista de arquitetura do Renascimento Leon Battista Alberti, no seu texto fundador *De Re Aedificatoria*, deu enorme ênfase aos aspectos formais dos edifícios principalmente com relação a proporção, definindo-a da forma geral como a entendemos hoje: “*a relação das partes de uma determinada composição entre si e das partes com o conjunto*”.

No entanto, o ressurgimento, no Renascimento, pelo interesse na divisão proporcional de Pitágoras de média e extrema razão se deve ao matemático Lucca Paccioli di Borgo. No seu livro *De Divina Proportione*, apresentado em Veneza em 1509 e ilustrado por Leonardo DaVinci, vai denominá-la *proportio divina*. Esta divisão proporcional veio, mais tarde a ser chamada de **seção áurea** (veja a próxima seção) pelo próprio Leonardo DaVinci e continua sendo muito aplicada ainda hoje com essa denominação: “*Um segmento de reta está dividido de acordo com a seção áurea quando é composto de duas partes desiguais, das quais a maior está para a menor assim como o todo está para a maior*”. Deriva deste conceito o que veio a se conhecer como **retângulo de ouro** ou **áureo**: um retângulo cuja razão entre os lados maior e menor é equivalente ao chamado **número de ouro** [$\Phi = 1,618\dots$].

Depois do Renascimento a concepção platônica de beleza como atributo do objeto foi criticada e alguns estudiosos começaram a adotar uma concepção mais ampla em que a beleza não é só resultado das propriedades do objeto mas que depende também das circunstâncias que envolvem a percepção ou fruição deste objeto. Já na antiguidade nem todos os filósofos concordavam com a posição de Platão. Epicuro foi um que apresentou uma teoria distinta argumentando que quando um indivíduo aprecia a beleza entra em jogo um sentimento de prazer.

No entanto, de acordo com o modelo estabelecido pelos teóricos do Renascimento – Alberti, Serlio, Vignola, Palladio entre outros – a partir do século XVII as novas normas para a boa arquitetura que começaram a ser elaboradas, principalmente, por teóricos de escolas de arquitetura francesas, nunca deixaram de incluir considerações sobre a proporção.

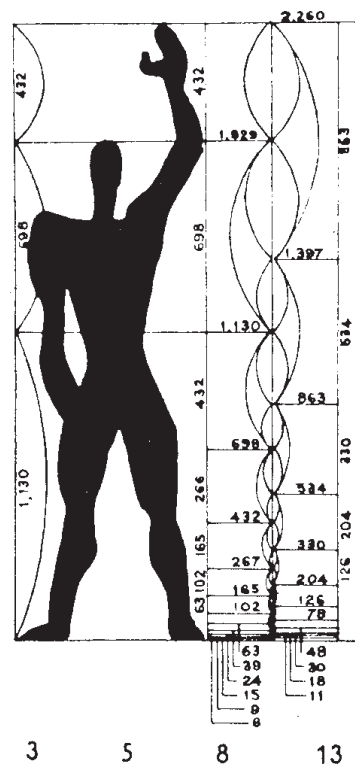
Viollet-le-Duc, um dos mais importantes teóricos do Século XIX, viu como missão desenvolver uma concepção de arquitetura baseada, na mesma forma que a filosofia de Descartes, na razão. De acordo com seu famoso *Dictionnaire Raisonné de l'Architecture* o termo **proporção** vai ser definido como:

Por proporções, entendem-se as relações entre o todo e as partes, relações lógicas, necessárias, que satisfazem ao mesmo tempo a razão e aos olhos. Deve-se estabelecer uma distinção entre proporção e dimensão. As dimensões indicam simplesmente alturas, larguras e superfícies enquanto que as proporções são relações entre as partes segundo uma lei.

Ao contrário do que é frequentemente pensado, as proporções, em arquitetura, não implicam relações fixas entre as partes, mas relações variáveis, em vista de obter uma escala harmônica. As proporções não derivam de um método cego nem de uma fórmula inexplicável, mas de relações entre os cheios e os vazios, as alturas e as larguras, as superfícies e as elevações; relações das quais a geometria cuida e cujo estudo demanda grande atenção e varia segundo o lugar do objeto. O arquiteto, enfim, não é escravo de um sistema de proporções fixo. Ele pode modificá-lo achando aplicações novas e relações proporcionais, assim como acha aplicações variadas das leis da geometria. Com efeito, as proporções são filhas da geometria. Em arquitetura, elas se estabeleceram primeiramente sobre as leis da estabilidade e estas derivam da geometria. Um triângulo é uma figura inteiramente satisfatória, perfeita, dá a idéia mais exata de estabilidade. Foi por meio dos triângulos que os egípcios, os gregos e mais tarde os arquitetos da Idade Média estabeleceram suas regras de proporção, para que estivessem submetidas às leis da estabilidade.

A primeira abordagem arquitetônica mais independente da tradição formal da antiguidade foi chamada de *Art Nouveau* que começou a fazer uso de formas puras da geometria. A partir deste movimento alguns dos arquitetos mais hábeis do nosso século passaram a propor formas particulares de interpretar a questão da proporção.

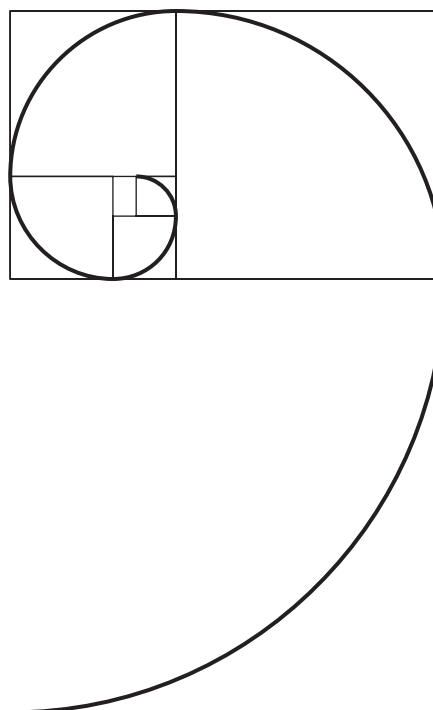
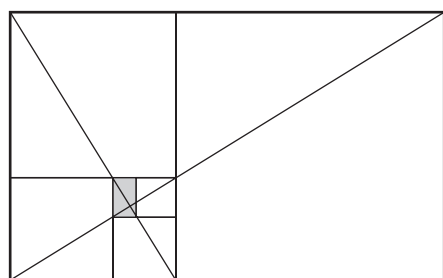
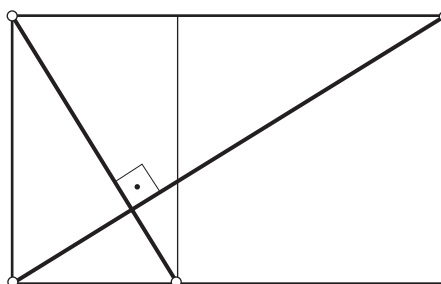
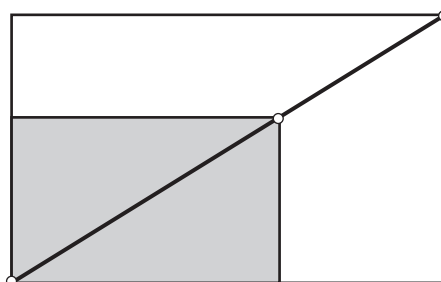
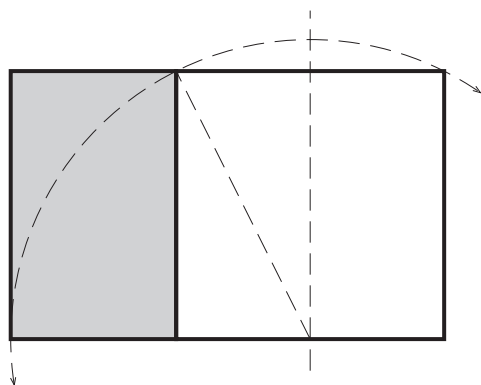
Um dos primeiros foi LeCorbusier que propôs um sistema de medição proporcionada denominado **Modulor**.



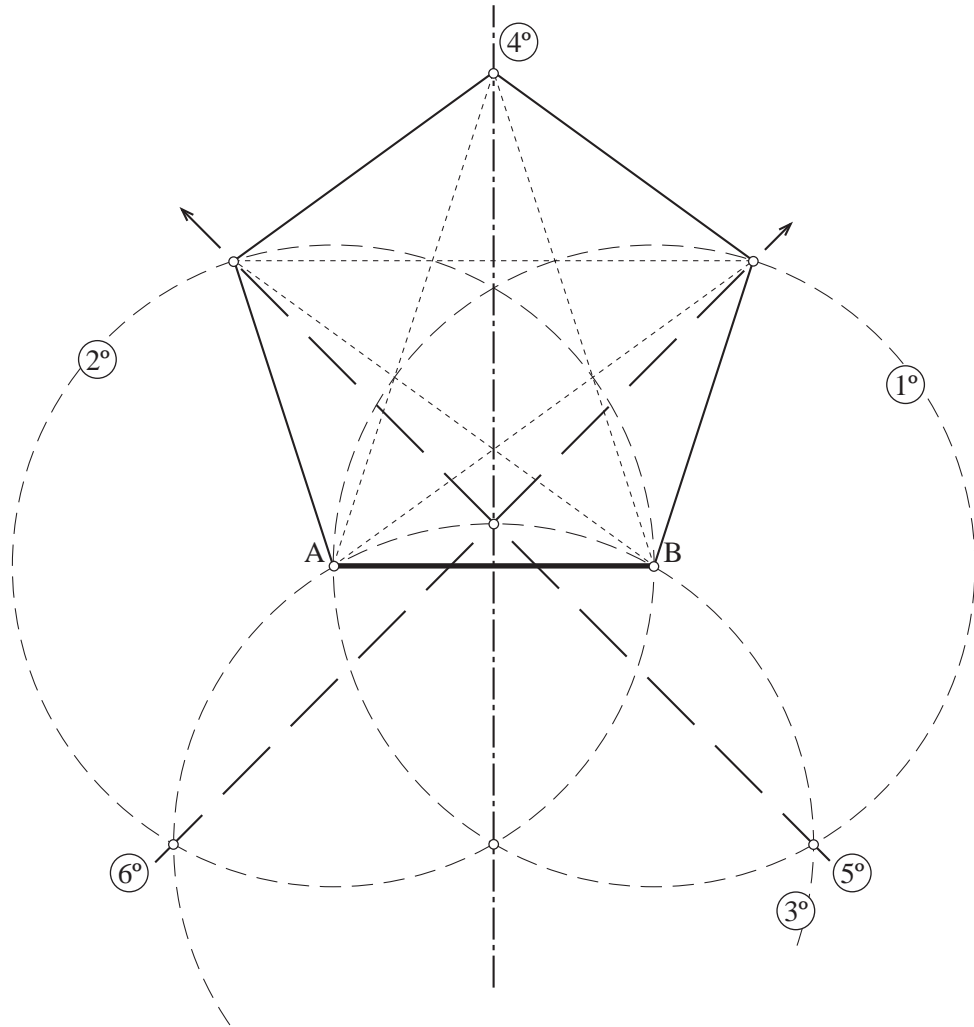
LeCorbusier acreditava que o seu sistema de medidas satisfaria tanto às exigências de **beleza** – porque ser derivado da **seção áurea** – quanto às **funcionais** – porque adequado às dimensões humanas. Para ele, este era um instrumento universal, fácil de empregar, e que podia ser usado no mundo inteiro para obter beleza e racionalidade nas proporções de tudo o que é produzido pelo homem”.

LeCorbusier, inicialmente, estabeleceu como estatura média do ser humano a medida de 1,75 m. No entanto, sob pretexto de considerar a média de altura dos policiais ingleses e ciente da progressiva evolução da estatura do ser humano, ao menos na Europa, resolveu adotar 1,83 m, como ponto de partida para o **Modulor**. Embora sob o prisma científico, as conclusões possam ser consideradas questionáveis: pela inadequação na aplicação antropométrica geral; por desconsiderar variações anatômicas individuais e por idealizar situações.

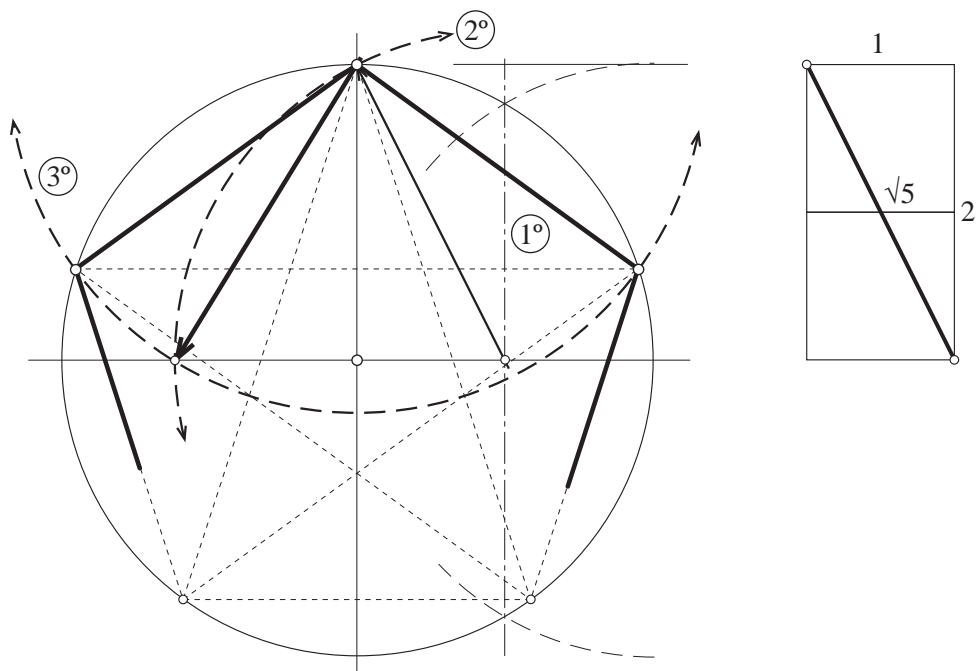
RELAÇÕES GEOMÉTRICAS NO RETÂNGULO ÁUREO:
DIAGONAIS, QUADRADOS GIRANTES E ESPIRAL DE CRESCIMENTO DINÂMICO



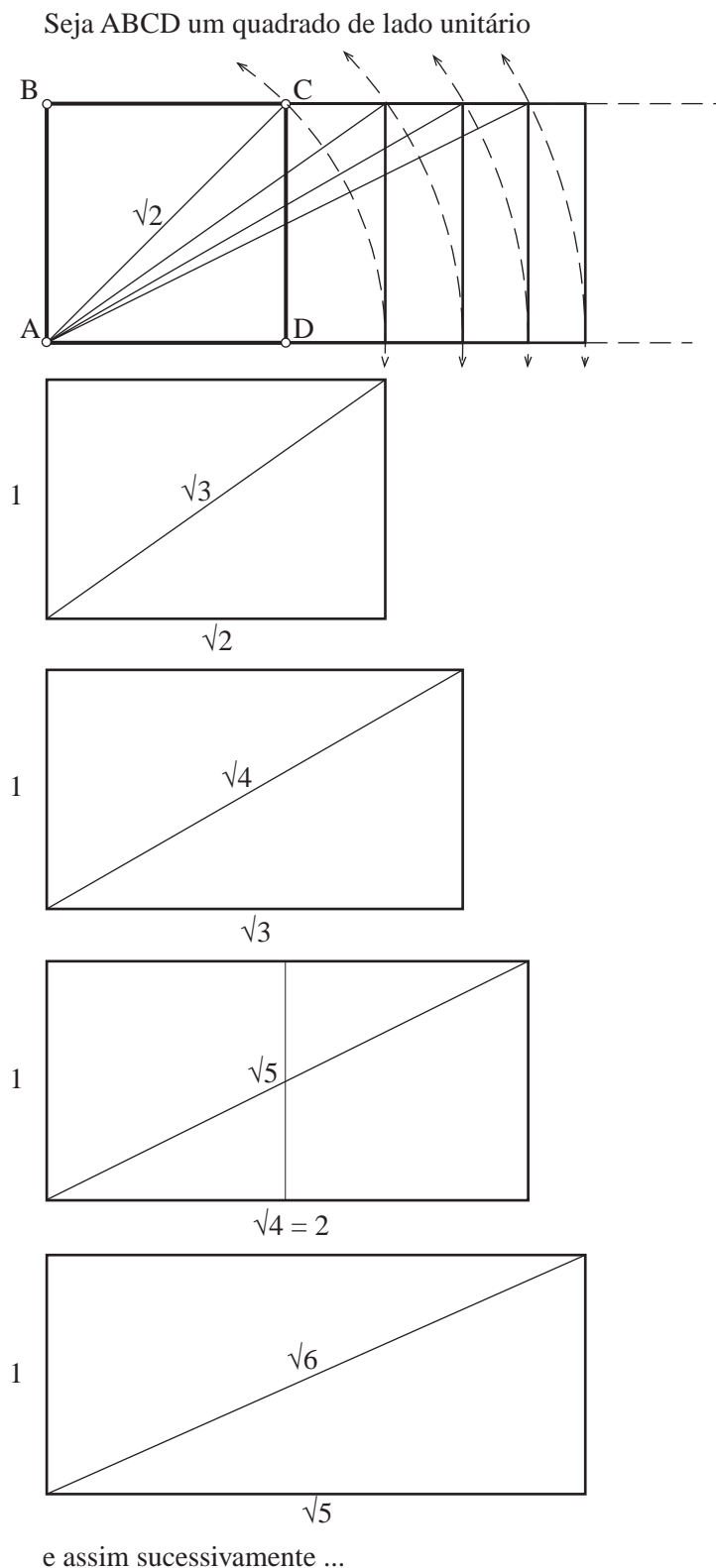
CONSTRUÇÃO DO PENTÁGONO DADO O SEU LADO



CONSTRUÇÃO DO PENTÁGONO DADO O RAIO DO CÍRCULO CIRCUNSCRITO



RETÂNGULOS DINÂMICOS



Para Hambridge a decomposição de um arranjo em seus retângulos mais elementares é suficiente para por em evidência o esquema harmônico de suas proporções.

Segundo este autor o que distingue um retângulo é a **razão** entre seus lados. De um retângulo de razão h diz-se que tem módulo h . Partindo desta noção de módulo h , Hambridge vai agrupar os retângulos em **estáticos** e **dinâmicos**.

Os retângulos **estáticos** são aqueles em que o módulo h é um número inteiro (1, 2, 3, 4 ...) ou fracionário ($3/4$, $2/3$, $5/8$...). Os retângulos **dinâmicos** são aqueles em que o módulo η é um número incomensurável. São retângulos que crescem em proporção descontínua, gerados pelos rebatimentos das diagonais, cujos valores partem de $\sqrt{2}$, com incremento constante de 1 ao número sob o radical

TRAÇADOS DE RETÂNGULOS COM BASE NA SÉRIE DE FIBONACCI

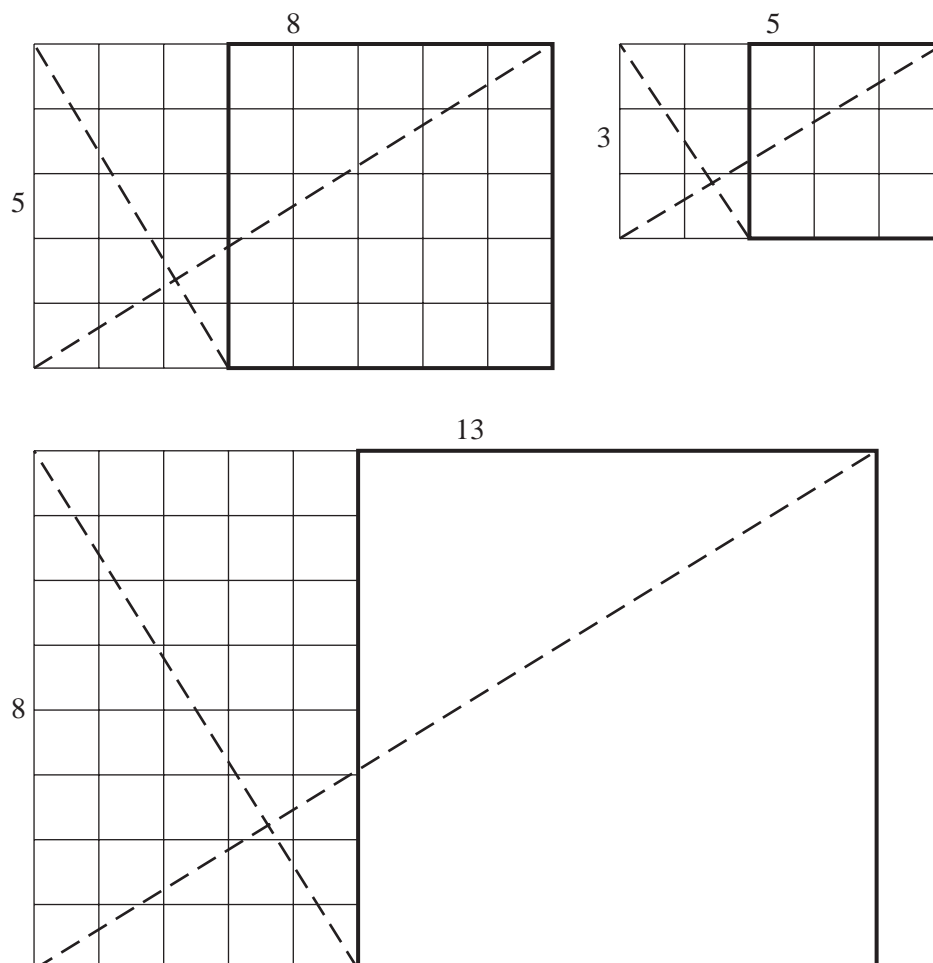
A seção de ouro apresenta importantes relações geométricas que, como anteriormente apresentado, podem ser expressas graficamente através de diagramas e traçados geométricos. No entanto, suas medidas se apresentam na forma de números incomensuráveis.

A solução algébrica da expressão $[(a : b) = (a + b : a)]$ resulta numa equação de segundo grau ($x^2 - x - 1 = 0$) cujas raízes são $\pm [(\sqrt{5} + 1) : 2] = \pm 1,618... = \Phi$

Na Idade Média o matemático Leonardo de Pisa (Fibonacci) vai apresentar, baseado no conhecimento matemático desenvolvido pelos árabes, uma série de números reais positivos, que crescem em proporção contínua, onde cada número é o resultado da adição de seus dois antecedentes. Esta série tem como peculiaridade o fato de cada número guardar com o seu antecedente uma razão próxima ao número de ouro, bem como um certo par em relação ao par subsequente. A *Série de Fibonacci*, como ficou conhecida, é um recurso para se obter uma proporção próxima a áurea, sem a necessidade de se lidar com números incomensuráveis.

São eles: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, ..., etc. Assim, se a razão $3 : 2 = 1,5$ ainda está longe do **número de ouro** [$\Phi = 1,618...$], quanto mais esta razão cresce mais vai se aproximar de Φ , ou seja $5 : 3 = 1,666...$; $8 : 5 = 1,6$; $13 : 8 = 1,625...$; $55 : 34 = 1,617$; etc.

Assim pode-se facilmente desenhar retângulos ditos **estáticos**, retângulos cuja razão entre seus lados é inteira ou fracionária, que guardam uma relação de proporção muito próxima àquela do retângulo áureo:

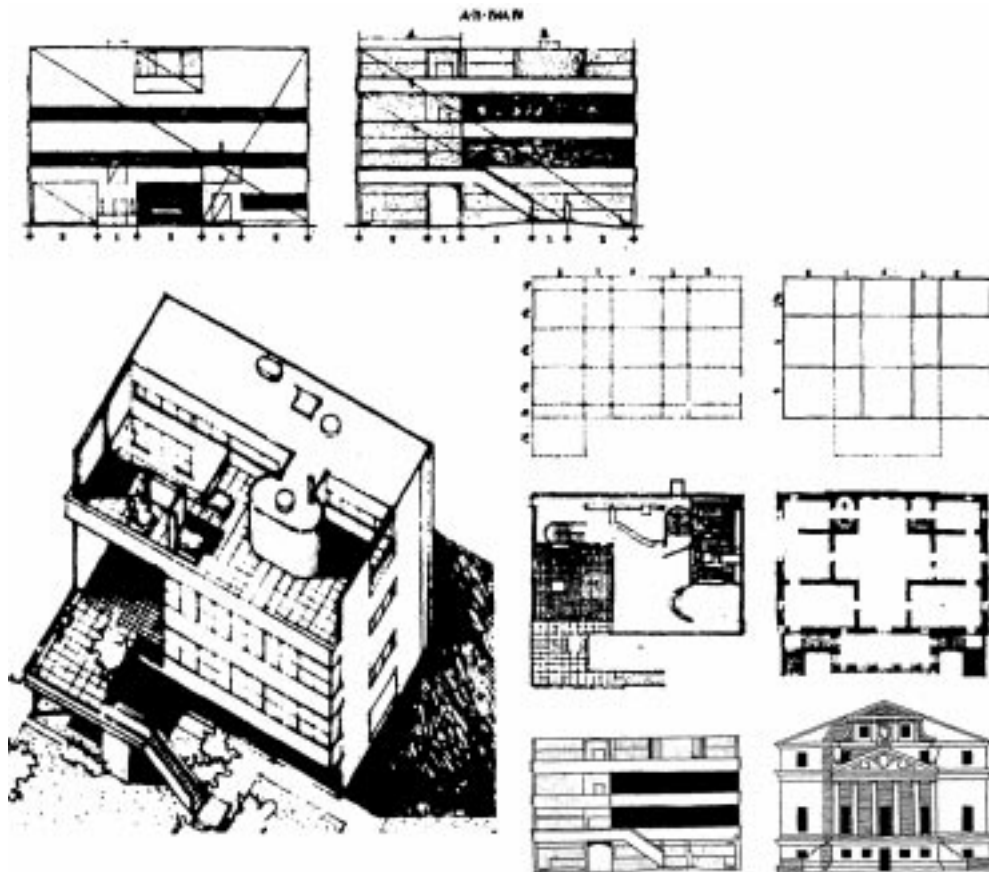


TRAÇADO REGULADOR

Na busca da **boa proporção**, artistas e arquitetos estabeleceram uma idealização abstrata-geométrica denominada **traçado regulador**. Se pode definí-lo como um traçado geométrico com uma lógica ou lei de formação proporcional que ordena e regula a disposição dos principais elementos de uma composição arquitetônica. Este sistema de proporcionalidade procura estabelecer as linhas gerais de uma espécie de esqueleto estrutural que determina o posicionamento e as relações intrínsecas, no âmbito da plástica arquitetônica, de seus elementos geradores (linhas, planos e volumes). Funciona como uma retícula ou grade imaginária que contribui para a organização dos elementos da composição, segundo uma determinada regra geral, procurando unificar visualmente múltiplos elementos, relacionando-os dentro de uma mesma família de proporções.

Não é um esquema geométrico fechado e rígido cujo uso pudesse ser rigorosamente prescrito, como uma tabela de coeficientes matemáticos, mas um esquema geral que contempla diversas possibilidades operativas permanecendo aberto à engenhosidade e à livre intuição do artista.

Este recurso compositivo é conhecido desde a antigüidade e vem sendo aplicado formalmente por arquitetos desde Palladio, na Renascença, a LeCorbusier no século XX. Na ilustração a seguir o autor Colin Rowe no seu artigo *The Mathematics of the Ideal Villa* compara a aplicação deste recurso por Palladio na Villa Malcontenta e por LeCorbusier na Villa Garches.



LeCorbusier, considerava o traçado regulador “uma garantia contra o arbitrário”. No seu livro *Vers une Architecture* (Por uma Arquitetura) faz uma apaixonada defesa pelo emprego deste recurso de composição, e vai argumentar que:

O traçado regulador é uma satisfação de ordem espiritual que conduz à busca de relações engenhosas e de relações harmoniosas [...] que traz essa matemática sensível que dá a agradável percepção da ordem. A escolha de um traçado regulador fixa a geometria fundamental da obra; ele determina então uma das impressões fundamentais. A escolha de um traçado regulador é um dos momentos decisivos da inspiração, é uma das operações capitais da arquitetura.

EXEMPLO DE TRAÇADO REGULADOR

Na pesquisa histórica que serviu de base para a restauração do prédio que hoje abriga a Casa França - Brasil, a professora Sandra Alvim sugere que o seu autor, o arquiteto Grandjean de Montigny, tenha feito uso de um traçado regulador. A ilustração a seguir apresenta o esquema de proporcionalidade que sugere-se ter sido empregado na elaboração do projeto desta edificação que é considerada como uma importante manifestação do espírito do neoclassicismo francês no Rio de Janeiro.

