



PROJETAR 2003

I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ENSINO E PESQUISA EM PROJETO DE ARQUITETURA
NATAL DE 07 A 10 DE OUTUBRO, RN/BRASIL. PPGAU-UFRN

FORMA ARQUITETÔNICA E AS TECNOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

CARDOSO, Christina Araujo Paim

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) - Universidade Federal da Bahia – e-mail: crispaim@ufba.br

Faculdade de Arquitetura - Departamento das Geometrias de Representação – Rua Caetano Moura, 121 – Federação - CEP 40210-350 – Salvador-BA – Tel/Fax (+55) 0 (XX) 71 247 3511

RESUMO

A produção da forma em Arquitetura, nas suas diversas etapas, envolve um grande número de variáveis e condicionantes. Dentre estas, destacamos sua geometria e as diversas tecnologias que viabilizam sua criação e representação, bem como sua construção. Até bem pouco tempo esta representação só podia ser feita utilizando-se os instrumentos tradicionais de desenho – régua, esquadros, compassos, lápis, borracha, etc. -, e para sua manipulação usavam-se os modelos físicos – maquetes, ambos com muitas limitações tais como o tempo necessário à sua execução, e a necessidade de uma “visão espacial” bem desenvolvida. Essas limitações se agravam quando se trata das formas não convencionais, menos usuais e que são, em sua maioria, mais complexas em sua geração. Entretanto, com a introdução das tecnologias computacionais, com seus amplos recursos, observa-se que tanto a manipulação como a representação gráfica das formas tornaram-se facilitadas. Este trabalho aborda tópicos considerados como essenciais para o estudo introdutório da produção da forma, tais como sua conceituação e caracterização, suas propriedades geométricas, que por sua vez remetem à um breve estudo das superfícies, bem como estabelece uma classificação das formas em convencionais e não convencionais. Consta também de uma rápida abordagem sobre o papel das tecnologias de representação no processo de projeção.

Palavras Chave

Forma, geometria, arquitetura

ABSTRACT

The production of the form in Architecture, in its several stages, involves a great number of variables and requirements. Among these, its geometry and the several technologies that make possible its creation and representation highlighted, as well as its construction. Until very little time this representation could only be made being used the traditional instruments of drawing – ruler, squares, compass, pencil, rubber, etc. -, and form its manipulation the physical models were used – scale models, both with many such limitations as the necessary time to its execution, and the need of a “space” vision well developed. Those limitations become worse when it is the unconventional forms, less usual and that they are, in its majority, more complex in its generation. However, whit the introduction of the computational technologies it is observed that so much the manipulation as the graphic

representation of the shapes was facilitated. This work approaches topics considered as essential for the introductory study of the production of the forms, such as its definition and characterization, its geometric properties, that for its time send to a brief study of the surfaces, as well as it establishes a classification of the forms in conventional and unconventional. It also consists of a fast approach on the paper of the representation technologies in the design process.

Key-words

Form, geometry, architecture.

1 INTRODUÇÃO

Definindo Arquitetura, Lúcio Costa afirmou, em 1945, que esta é “*construção concebida com determinada intenção plástica, em função de determinada época, determinado meio, determinado material, determinada técnica e determinado programa*”, sendo “*fundamentalmente uma arte plástica*”. Nesse sentido surgem diversos estudos dedicados a investigar como se produz a **forma** enquanto configuração, feição externa e interna, volumétrica, do projeto arquitetônico.

A **forma**, entendida como resultado final do processo de projeção, varia em cada época e lugar em função de um contexto cultural e ideológico, influenciado e modificado por diversos fatores físicos, econômicos e até de natureza legal. Um desses fatores a ser considerado é aquele relacionado ao instrumental que o arquiteto tem para auxiliá-lo na criação e representação dessas formas.

Niemeyer, citado por BRUAND (1981), coloca que a “*forma plástica não nasce de um simples capricho de imaginação, mas é sugerida pelo programa e pelos meios disponíveis*”. Assim, a possibilidade de representar graficamente o projeto inclui-se nestes meios dos quais o arquiteto deve dispor ao projetar, criar formas.

O arquiteto trabalha com um número elevado de variáveis, que são simultaneamente abordadas e se inter-relacionam, daí a complexidade de sua tarefa. Para solucionar este problema, observou-se que os arquitetos utilizam várias técnicas, dentre elas, a procura pelos critérios limitantes de maior importância para o projeto, como custo, legislação e características do terreno. A solução formal, inicialmente, relaciona-se, portanto com a procura às alternativas que atendem a esses requisitos. Nesta procura pela “melhor solução” o arquiteto manipula várias vezes o objeto em projeto num processo de aproximação sucessiva, e esta manipulação¹ precisa ser visualizada, fazendo com que o desenho se torne parte indispensável neste processo.

Segundo REGO (2000), a representação do espaço arquitetônico é um dos principais fatores de limitação à sua apreensão e compreensão, logo tem grande influência no processo de projeção, “*pois a criatividade e a noção de espaço estão atreladas à capacidade manual de representar (comunicar) adequadamente a idéia*”, além de interferir “*na própria interação do projetista com o objeto, materializado por meio de desenhos*”.

Daí o fato de que a habilidade em desenhar tem sido importante requisito para aqueles que desejam ser arquitetos, já que o desenho não é apenas uma representação do projeto pronto,

¹ Entendemos por **manipulação** as várias operações que podem ser levadas a efeito em um corpo, no sentido de modificá-lo em relação aos seus próprios elementos e suas propriedades, bem como nas suas relações com o espaço que o cerca. Assim, as operações de adição, subtração, união e interseção seriam exemplos de manipulação de uma forma arquitetônica.

mas uma ferramenta de auxílio ao próprio processo de projeção, desde o seu início, quando começa o processo criativo. As representações gráficas auxiliam o raciocínio e alimentam as atividades mentais que ocorrem durante a projeção, destacando pontos de interesse, provocando tomadas de decisões e transmitindo informações.

Em estudo realizado em 1990, procurando identificar como a questão da **forma** era vista no Currículo do curso de Arquitetura da FAUFBA, verificou-se que os alunos, nos seus exercícios, trabalhavam os elementos isoladamente, primeiro em planta baixa, fazendo em seguida os cortes e um estudo das fachadas. O volume seria, então, unicamente o resultado da composição desses elementos, acrescido da cobertura. Observou-se ainda que, a **forma** era definida, na maioria das vezes, na Planta Baixa, e sendo assim, o instrumental de representação adquire importância maior no processo de criação. *“Se o projetista tem limitações quanto aos recursos de que dispõe para representar suas idéias, sua atividade criadora estará conseqüentemente restrita nestes limites”* (CARDOSO, 1992, p130).

Assim, observa-se que a produção da **forma** em Arquitetura, nas suas diversas etapas, envolve um grande número de variáveis e condicionantes, dentre as quais, destacamos sua geometria e as diversas tecnologias que viabilizam sua criação e representação, bem como sua construção. A representação e a manipulação da **forma** Arquitetônica tem grande influência no processo de projeção, limitando muitas vezes a criatividade.

Até bem pouco tempo a representação gráfica da **forma** só podia ser feita utilizando-se os instrumentos tradicionais de desenho – régua, esquadros, compassos, lápis, borracha, etc. -, e para sua manipulação usavam-se os modelos físicos – maquetes. Ocorre que tanto a representação obtida usando-se os instrumentos tradicionais de desenho, como o uso dos modelos físicos tem muitas limitações, como por exemplo, o tempo para sua execução, e a necessidade de uma “visão espacial” bem desenvolvida. Essas limitações se agravam quando se trata das formas não convencionais, ou seja, daquelas menos usuais, não derivadas de sólidos primários, e que são em sua maioria, mais complexas em sua geração. Entretanto, com a introdução das tecnologias computacionais, observa-se que tanto a manipulação como a representação gráfica das **formas** tornaram-se facilitadas.

Nesse sentido, uma abordagem para o estudo da produção da **forma** em Arquitetura, pode ser centrada em dois grandes eixos:

1. a análise da **forma**, propriamente dita, através de sua conceituação, definição de suas propriedades e atributos geométricos e físicos, e de sua classificação em convencionais e não convencionais;
2. análise das tecnologias, enquanto instrumental de projeto e sistemas construtivos.

Este trabalho tem como objeto uma abordagem inicial desses dois eixos. Consta da conceituação e caracterização da **forma**, suas propriedades geométricas que remetem ao estudo das superfícies, e o estabelecimento de uma classificação em formas convencionais e não convencionais, e uma rápida introdução ao papel das tecnologias de representação gráfica no processo de projeção. A análise dos atributos físicos da **forma**, tais como estabilidade, características estruturais, construtibilidade, etc, e seu cruzamento com as metodologias de projeto e as tecnologias enquanto sistemas construtivos, apesar de muito importantes, deverão ser realizados em etapa posterior.

2 ESTUDO DA FORMA

2.1 Conceituação

Forma pode ser definida, de acordo com BUENO (1975) como “*configuração, feitio, feição externa, manifestação, estado, estrutura, arranjo e estilo em composição literária, musical ou plástica*”. Ou ainda, segundo CORONA & LEMOS (1972}, no Dicionário de Arquitetura Brasileira, “*toda a construção, organicamente composta pelos espaços interiores que ela determina – e cuja razão de ser tem sempre base numa necessidade prática, construtiva e estética. A manifestação concreta da forma, se faz através de múltiplas combinações obtidas pelas linhas, pelas superfícies e pelos volumes, ocupando determinado espaço arquitetônico, protagonista da arquitetura*”.

Os elementos visuais – formato, tamanho, cor e textura, constituem, para WONG (2001) o que chamamos de Forma. “*Neste sentido, não é apenas uma figura que é vista, mas um formato de tamanho, cor e textura definidos. (...) Assim, ponto, linha ou plano, quando visíveis, se tornam forma.*”. Logo, no sentido amplo, **forma** é tudo aquilo que pode ser visto, que tenha formato, cor, textura, tamanho. O autor considera ainda que, em relação à maneira como ela é criada, construída ou organizada em conjunto com outras formas, ou seja, relativamente à sua produção, a **forma** é regida por uma certa disciplina à qual ele chama de “*estrutura*”².

A conceituação feita por BARKI (2002), para quem a **forma** é a “*estrutura, organização e disposição das partes ou elementos de um corpo ou objeto*” e também “*modo pelo qual uma determinada coisa em um dado contexto se revela à nossa percepção*”, sintetiza todas as definições anteriores, onde o que predomina é a idéia da configuração, a partir de elementos, e que só se realiza a partir da nossa percepção.

Segundo WONG (2001), o fato de vivenciarmos um mundo que é tridimensional, faz com que nossa experiência de **forma** também o seja, e ressalta o fato de que esta experiência tridimensional influencia nossa percepção das formas bidimensionais.

O que seriam as **formas bidimensionais**? De acordo com WONG (2001), seriam os escritos, desenhos, pinturas feitos pelo homem, essencialmente como uma criação para comunicar idéias, registrar experiências, expressar sentimentos e emoções, ou ainda aquelas utilizadas como simples decoração ou transmissão de visões artísticas. São constituídas por pontos, linhas e/ou planos sobre uma superfície plana. Já a **forma tridimensional**, nas suas palavras, é aquela “*em direção à qual podemos caminhar, da qual podemos nos afastar ou em torno da qual podemos andar*”.

Nas definições acima aparece o conceito de **formato**. Os formatos são **formas** mostradas de determinados ângulos e a certas distância, áreas definidas por um contorno, e assim sendo, verifica-se que a forma pode ter diversos formatos. O formato é, então, um aspecto da **forma**. Esta é a aparência visual total de um objeto, embora o formato seja seu principal fator de identificação. Um formato ao qual se dê volume e espessura e que possa ser visto de diferentes ângulos passa a ser **forma**.

2.2 Elementos da forma

Os elementos definidores da **forma**, chamados por CHING (1982) de Elementos Primários, são o Ponto, a Linha, o Plano e o Volume.

² A palavra estrutura aqui, tem um sentido muito específico, relativo ao desenho, significando basicamente a organização e disposição, segundo princípios e regras, dos elementos que compõem a forma.

O ponto é o gerador principal da **forma** e indica uma posição no espaço. Com relação ao seu formato, para que uma forma seja reconhecida como um ponto deve ser comparativamente pequena, e de formato razoavelmente simples. Assim, o formato mais comum de um ponto é o de um círculo, e quanto ao seu tamanho, deve estar inserido num espaço/moldura de tamanho razoavelmente maior que o seu (Fig 01).



Fig 01

A linha pode ser definida como o deslocamento de um ponto em uma só dimensão. Possui propriedades de comprimento, direção e posição. Para que uma linha seja reconhecida como tal, seu formato deve ter a largura extremamente estreita e seu comprimento deve ser bem evidente (Fig 02).

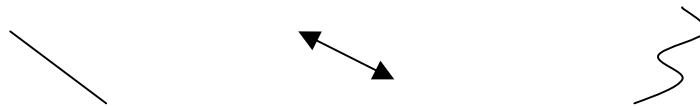


Fig 02

Uma linha, quando se desloca, gera um plano ou uma superfície que, conceitualmente pode ter propriedades de largura e comprimento, formato, área, orientação e posição. A **forma** plana é a extensão a duas dimensões, e é limitada por linhas conceituais que constituem sua borda. Tem uma variedade de formatos: geométricos, orgânicos, retilíneos, irregulares, e podem ser gerados propositalmente (desenhados, por exemplo), ou surgir por acidente (uma mancha de tinta que cai no papel) (Fig 03).



Fig 03

O Volume é resultante do deslocamento do plano. Desenvolve-se em três dimensões, tem propriedades de largura, comprimento e profundidade, é limitado por planos ou superfícies e define um espaço contido. Para que possamos percebê-lo representado, no plano bidimensional, temos que utilizar os recursos do desenho projetivo (Fig 04).



Fig 04

2.3 Percepção / Propriedades visuais da Forma

O estudo da percepção visual das **formas** é importante para quem trabalha na sua criação, a fim de responder a questionamentos tais como:

- Por que algumas formas agradam e outras não?
- Que fatores são determinantes para se garantir a legibilidade das formas que estamos criando?

Assim, os psicólogos gestaltistas³ desenvolveram uma teoria da percepção, com base em um método que possibilitou a compreensão de como se ordenam e/ou se estruturam, no nosso cérebro, as **formas** que percebemos. Segundo eles, a emergência da figura com relação ao fundo é aspecto primário e fundamental na percepção da **forma**. A figura é considerada como forma positiva e o fundo, a forma negativa. Basicamente a percepção da **forma** é o resultado de diferenças no campo visual, as quais constituem o contraste que separa a figura do fundo.

Entretanto só a percepção visual não é suficiente para conhecermos o mundo que nos cerca. Serão precisos outros atos do pensamento, a partir das funções ditas cognitivas: atribuir significado, registrar situações significativas e agrupá-las em classe, segundo suas analogias, estabelecer experiências, selecionar dados, etc.

As propriedades visuais da **forma**, para CHING (1982), são o contorno, o tamanho, a cor, a textura, a posição em relação a seu campo de visão, a orientação em relação ao seu plano de sustentação, e a inércia visual. Esta última é o grau de conceituação e estabilidade visual da **forma**, e está diretamente relacionada à sua geometria, assim como às propriedades de posição e orientação. Já o contorno nos remete à questão do **formato**. WONG (2001) chama a atenção para o fato de que **formato** e **forma** são frequentemente usados como sinônimos embora tenham significados diferentes. Assim o **formato** seria a área contida em um contorno.

Para WONG (2001), *“formas apresentam alguma profundidade e algum volume – características associadas a figuras tridimensionais, enquanto formatos são formas mostradas de determinados ângulos, de determinadas distâncias. Assim, uma forma pode ter muitos formatos”*. Ou seja, o **formato** está relacionado aos diferentes aspectos sob os quais a **forma** possa se apresentar aos nossos olhos. Quando giramos uma **forma** no espaço, a cada passo desta rotação um aspecto diferente será visto. Podemos dizer, portanto, que forma diz respeito à totalidade, e o formato às partes, à decomposição em aspectos.

Outros elementos também tem influência na maneira como percebemos as formas: a **dimensão predominante**, que pode determinar a predominância ora da largura, ora do comprimento, que são as duas principais dimensões de uma forma plana. Por exemplo, um quadrado apoiado pelo seu vértice tende a ser percebido como uma forma diferente do mesmo quadrado que se apóia sobre um de seus lados (Fig 05). A impressão de **profundidade** pode ser obtida por exemplo, se colocamos uma forma recobrimo parcialmente outra, quando então a que está na frente será percebida como mais próxima do que a outra (Fig 06), ou ainda colocando dois objetos com a mesma forma, e com tamanhos diferentes, fazendo com que o maior pareça mais próximo (Fig 07).

³ Escola da Gestalt, criada na Alemanha em 1910, que desenvolveu uma teoria da percepção, baseada em um método experimental, que possibilitou compreender como as formas que percebemos se ordenam ou se estruturam no nosso cérebro.

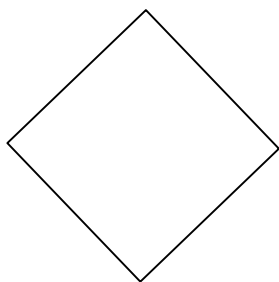


Fig 05

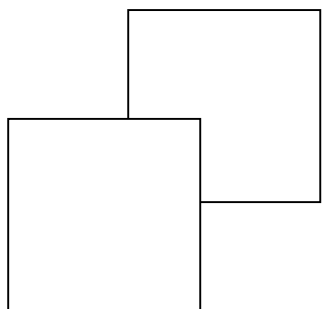


Fig 06

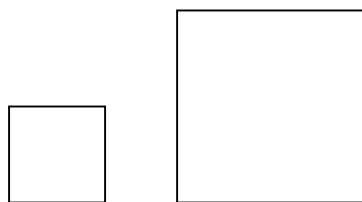


Fig 07

O estudo das propriedades geométricas da forma remete à três momentos: uma abordagem da geometria propriamente dita, sua classificação e características; o estudo dos sólidos e das superfícies, de como são geradas, seus principais elementos; e de sua representação – numérica e gráfica, esta última, através dos instrumentos tradicionais de desenho e da utilização da tecnologia computacional.

3 GEOMETRIA

3.1 Breve Histórico

A Geometria é o estudo da Forma. A palavra vem do grego “*geo*” = terra, e “*metrein*” = medir, portanto significa “medida da terra”. Esta ciência desenvolveu-se inicialmente em função da necessidade dos antigos egípcios de refazerem as marcações de terra às margens do rio Nilo, que eram destruídas a cada cheia, todos os anos.

Os gregos, entretanto, foram os grandes geômetras da Idade Antiga. O grande organizador da geometria grega é Euclides (300 a. C), que reuniu, organizou e divulgou, através do seu livro *Elementos*, todo o conhecimento geométrico produzido até então, originando a chamada **Geometria Euclidiana**. Este livro era composto de treze capítulos: os seis primeiros sobre geometria plana elementar, os três seguintes sobre a teoria dos números, o décimo sobre os incomensuráveis, e os três últimos, na sua maior parte sobre geometria espacial.

Em 1637 René Descartes forjou uma conexão entre a geometria e a álgebra, sendo este um fundamento da **Geometria Analítica**, na qual as figuras são representadas através de expressões algébricas.

A partir do século XIX, os matemáticos já não se satisfaziam com a Geometria Euclidiana para resolver os problemas da forma no espaço. Assim, outros matemáticos deram também

sua contribuição na evolução desta ciência. Gauss, Lobatchevsky e Janos Bolyai, trabalhando isoladamente, desenvolveram sistemas coerentes de **Geometria não-Euclidiana**. No mesmo século, o alemão Georg Friedrich Riemann (1826-1866) demonstra, também, ser possível uma outra geometria não-euclidiana, surgindo a chamada **Geometria Riemanniana** ou **Elíptica**, que é a mais adequada para a descrição de fenômenos astronômicos, e na qual Albert Einstein se baseou para a sua Teoria da Relatividade.

Outro conceito dimensional, o das dimensões fracionárias, também surgiu no século XIX e se relaciona com a teoria do Caos, sendo que a primeira confirmação da sua existência foi feita pelo francês Henri Jules Poincaré em 1879. Com o surgimento e o avanço da Computação Gráfica foi possível dimensionar sua complexidade, nascendo daí a **Geometria Fractal**. O responsável pela sua investigação e denominação, sendo por isso conhecido como o “pai” da Geometria Fractal, foi o matemático polonês B. B. Mandelbrot, em 1975. O nome fractal vem do latim e significa quebrar, criar fragmentos irregulares. Fractal, portanto, é a geometria do Caos determinista e também a geometria da natureza.

3.2 A Geometria e seu estudo

A geometria pode ser estudada de três maneiras: axiomática, analítica ou gráfica. Nos dois primeiros casos ela é estudada em associação com outros ramos da Matemática. Graficamente, ela tem sido objeto de estudo das disciplinas de desenho. Neste campo, segundo COSTA (1996), incluem-se a Geometria Gráfica, a Geometria Projetiva e o Desenho Técnico.

A Geometria Gráfica estuda através do desenho, as propriedades da Forma, podendo ser bi ou tridimensional (neste último caso, vale-se dos Sistemas de Representação para transpor seu estudo para o desenho bidimensional). A Geometria Projetiva é a estrutura teórica que permite o desenvolvimento dos Sistemas de Representação. Já o Desenho Técnico é o desenho representativo bidimensional, acrescido de convenções que traduzem a função e o material de que é constituído o objeto.

4 FORMA E GEOMETRIA

Na organização da forma arquitetônica, a geometria tem presença inevitável, tanto na ordenação da configuração geral como no inter-relacionamento das partes.

Segundo BARKI (2002),

“as formas reais são as coisas do mundo sensível e devem sua existência a causas físicas, biológicas, funcionais e/ou finais, ou sócio-culturais (...). Já as formas ideais são os modelos abstratos produzidos pela imaginação humana, (...) são perfeitamente regulares, exatos em medida e contorno, teoricamente fixos e estáveis e identicamente reproduzíveis.”

Assim, a geometria nos auxilia a compreender as coisas do mundo sensível, para nele intervir.

A Geometria Euclidiana foi o principal instrumento até o século XIX para interpretar com rigor matemático coisas do mundo sensível. Hoje dispõe-se de novas geometrias para descrições convincentes de formas complexas. Entretanto observa-se que a Geometria Euclidiana permanece sendo o instrumento que mais favorece a interpretação imediata da forma, principalmente quando aplicada à construção e ao projeto arquitetônico de formas convencionais, para as quais as três dimensões do espaço euclidiano – largura, altura e profundidade -, bem como a decomposição em superfícies planas, são suficientes para uma correta e completa representação gráfica.

4.1 Geração da Forma

Para CHING (1982), as formas podem ser percebidas “*como uma transformação dos sólidos primários, variações, fruto da manipulação dimensional ou da adição ou subtração de elementos*”. Ele classifica como sólidos⁴ primários ou fundamentais a esfera, o cilindro, o cone, a pirâmide e o prisma. Definindo cada um deles, temos:

- A esfera pode ser definida como o sólido gerado pela rotação de um semi-círculo em torno de seu diâmetro;
- O cilindro é o sólido resultante do deslocamento de um círculo ao longo de um eixo que passa perpendicularmente por seu centro ou também pode ser definido como o sólido obtido pela rotação de um retângulo em torno de um de seus lados;
- O cone é o sólido obtido pela rotação de um triângulo retângulo em torno de um dos catetos, ou o sólido resultante do deslocamento de um círculo ao longo de um eixo que passa perpendicularmente por seu centro e tendo seu diâmetro constantemente reduzido até chegar a zero – resultando no vértice do cone;
- A pirâmide é um poliedro⁵ cuja base é um polígono qualquer e as faces laterais são triângulos que concorrem num ponto chamado vértice da pirâmide;
- O prisma é o poliedro formado por duas faces poligonais iguais, chamadas bases e situadas em planos paralelos, e por faces laterais que são paralelogramos que têm um lado em comum com cada uma das bases eixo que passa perpendicularmente por seu centro.

Alguns autores destacam entre estes, os sólidos Platônicos, poliedros regulares, compostos por faces iguais e ângulos internos também iguais. São eles: o tetraedro - quatro triângulos equiláteros; o hexaedro (ou cubo) – seis quadrados; o octaedro – oito triângulos equiláteros; o dodecaedro – doze pentágonos regulares; e o icosaedro – 20 triângulos equiláteros.

Esta assertiva somente é válida quando se trata daquelas formas que chamaremos de convencionais, não se aplicando entretanto as formas arquitetônicas mais complexas, derivadas de superfícies não usuais, como o parabolóide hiperbólico, hoje muito utilizado principalmente em projetos de arquitetura com tensoestruturas. Também se aplica ao processo de projeção baseado na Composição, método estimulado nas escolas de arquitetura principalmente a partir de Durand no séc XIX.

Na geração da **forma**, a maneira como esta é composta, é chamada por alguns autores de **Estrutura** e por outros de **Composição**. Logo, a Estrutura (ou Composição) rege o modo como uma **forma** é concebida. É a organização espacial total. A aparência externa da **forma** pode às vezes ser complexa, embora sua estrutura seja simples, e não logo percebida. Uma vez descoberta, a **forma** pode então ser melhor entendida.

BARKI (2002) considera que a geração da **forma** arquitetônica se caracteriza principalmente pela ampla liberdade de escolha e por influências de ordem sócio-cultural. Ao que acrescentaríamos outros fatores tais como as influências de ordem econômica, funcionais e tecnológicas.

⁴ Não confundir os sólidos geométricos com as superfícies geométricas. Estas, são geradas por linhas, enquanto os sólidos são gerados por figuras planas (polígonos, círculos, etc).

⁵ Poliedros são corpos (volumes) geométricos, formados por um conjunto finito de polígonos situados em diferentes planos, sendo cada lado de um polígono comum a dois e apenas dois polígonos. (PESSOA, M. C. L. et ali. *Desenho Geométrico*. Salvador: Quarteto Editora, 2000. p 174)

A organização da figura e dos elementos visuais, ou seja, a composição, pode ser então, como já vimos, determinada por diversos fatores. Sua criação pode ser entendida como um processo de organização e desenvolvimento com elementos formais básicos. Uma forma complexa origina-se de elementos de base (ou formas básicas), segundo determinados princípios e regras, tais como equilíbrio, contraste, harmonia, proporção, ritmo, unidade – variedade, repetição, etc.

4.2 Tipologia das Formas

Neste estudo, as formas serão classificadas quanto à sua tipologia em Formas Convencionais e Formas Não Convencionais.

Serão classificadas como **formas convencionais** aquelas resultantes da composição/estruturação de formas elementares. Se caracterizam por sua fácil definição geométrica e conseqüentemente são também de fácil representação gráfica. As formas baseadas nos sólidos primários e que compõem a maioria da produção arquitetônica existente, são exemplos de formas convencionais.

Serão definidas como **formas não convencionais** aquelas menos usuais, resultantes da utilização isolada ou em composições, das superfícies geradas por curvas cônicas (elipsóide, parabolóide e hiperbolóide de revolução), por retas reversas (parabolóides hiperbólicos, conóides, helicóides), ou ainda aquelas geradas através de movimentos livres, geralmente a partir de linhas curvas, e cuja definição geométrica talvez somente seja possível através de geometrias não euclidianas (como a dos fractais, por exemplo).

A esse respeito, WONG (2001) coloca que as formas abstratas e aquelas elaboradas pelo homem são mais facilmente expressas como formatos geométricos, enquanto que as naturais são mais facilmente adaptadas a formatos orgânicos. Assim, as obras de Santiago Calatrava e algumas obras de Frank Gehry, que tem como fonte de inspiração a anatomia e a natureza, são formas orgânicas, não convencionais.

4.3 Superfícies Geométricas

A maior parte das formas arquitetônicas, na sua manipulação e representação durante o processo de projeto, requer a definição de suas superfícies ou das superfícies de origem. Assim, podem ser definidos contornos, interseções, pontos e arestas de corte, de superposição, etc.

“A superfície é a extensão a duas dimensões, sendo apenas o limite da extensão a três dimensões ou volume; daí a infinidade de formas realizadas e imaginadas pelas quais ela se apresenta comumente. (...) As superfícies compreendem não só as formas suscetíveis de definição geométrica, mas também as que não o são”. Esta é a definição de RODRIGUES (1968) para as superfícies, que podem então ser entendidas como o “invólucro” da forma.

Estudando as superfícies caracterizadas por propriedades geométricas definidas, estas devem ser agrupadas de maneira racional, classificadas e analisadas quanto à seus principais elementos.

Sendo esta classificação baseada no modo de geração, e definindo-se a superfície como *“uma figura descrita por uma linha reta ou curva, que se desloca, mudando muitas vezes de posição e, ao mesmo tempo, de forma e de grandeza, segundo uma lei determinada e contínua”*, ainda segundo RODRIGUES (1968), temos como seus elementos principais:

- a geratriz : linha móvel que descreve a superfície;
- a lei de geração: determinação do movimento de cada forma linear, sem nada deixar de arbitrário quanto à posição e grandeza da geratriz;

- as diretrizes: linhas ou superfícies fixas que determinam, em relação à geratriz, em cada posição, as condições peculiares da lei de geração de uma superfície

Desta forma, ele definiu duas grandes classes, pela natureza da geratriz:

a-a classe das superfícies geradas por uma reta;

b-a classe das superfícies geradas por uma curva.

Na classe das **Superfícies geradas por retas**, criou dois grandes grupos: 1 – o das **Superfícies Desenvolvíveis**, onde se encontram as superfícies cônicas em geral, as superfícies cilíndricas em geral e as superfícies de aresta de reversão (helicóide desenvolvível); 2 – grupo das **Superfícies Reversas**, onde temos os hiperbolóides escalenos de uma folha, o parabolóide escaleno de uma folha, o parabolóide hiperbólico, o cilindróide, o conóide e os helicóides axiais de plano e de cone diretor.

Já na classe das **Superfícies geradas por curvas**, também dois grupos foram identificados: 1- grupo das **Circulares em geral**, subdividido no sub-grupo das Circulares de Revolução, onde estão o cone de revolução, o cilindro de revolução, a esfera, o elipsóide de revolução, o parabolóide de revolução e o hiperbolóide de revolução de uma e duas folhas; e o sub-grupo das Circulares de Circunvolução onde se encontram o toro circular e a serpentina; 2- grupo das **Quádricas em geral**, divide-se também em dois sub-grupos: o das Superfícies de Primeira Espécie, com o cone de 2^a. ordem, o cilindro de 2^a. ordem, o parabolóide elíptico, o elipsóide escaleno e hiperbolóide elípticos de uma e duas folhas; e o sub-grupo de 2^a. Espécie, onde são encontrados o toro elíptico, hiperbólico e parabólico e as superfícies topográficas geométricas.

Desta classificação não fazem parte os poliedros, pois Monge não reconhecia as superfícies poliédricas como tal.

5. TECNOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

As linguagens de representação gráfica, quanto à suas características e aplicações no projeto, podem ser divididas em dois grandes grupos: aquelas que são **instrumentos de concepção** e criação do objeto arquitetônico, presentes portanto principalmente nas partes inicial e intermediária do processo de projeção, e aquelas que são **instrumentos de tradução** das soluções geradas nas etapas citadas, sendo portanto predominantes na etapa de finalização do projeto.

Até a década de sessenta o instrumental utilizado para levar a efeito estas representações era composto pela prancheta, régua, esquadros, compasso, normógrafos, lápis, papel etc., que serão denominados neste trabalho de “instrumentos tradicionais de desenho”. Com a introdução da computação gráfica, das ferramentas CAD⁶, cuja utilização pelos projetistas no Brasil, intensificou-se no início da década de noventa, surge a opção do instrumental composto pelo computador, seus periféricos (impressoras, scanner, plotter, etc) e os diversos programas para concepção e representação da Forma.

As ferramentas CAD, enquanto **instrumentos de tradução**, vêm sendo cada vez mais utilizados pelos projetistas, pois possibilitam uma nova maneira de desenhar, mais rápida, com maior riqueza de detalhes, precisão, disponibilizando com relativa facilidade elementos

⁶ CAD – Computer Aided Design (Projeto Auxiliado por Computador) é um sistema que pode ser definido “como um conjunto de ferramentas para a criação, manipulação e alteração interativa de projetos e desenhos”. KLEIN, Roberto. Conceitos Básicos de CAD. In: Anais Seminário Internacional Computação, Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992. p 10.

técnicos para análise, simulação, construção, etc., principalmente se tratando das formas convencionais. Mas elas também podem ser utilizadas como instrumento auxiliar para a fase de concepção do projeto, e o vem sendo, embora em menor escala. Não substituem o projetista no processo criador, mas são uma importante ferramenta de auxílio principalmente através dos recursos de modelagem sólida e simulação de realidade virtual ao possibilitar ensaios e projeções, cálculos, etc., permitindo também a geração de várias alternativas de projeto, com complexidades e novos recursos para sua análise.

Nesse sentido, a modelagem sólida torna-se, segundo PRATINI (1992), “... *uma nova dimensão de projeto, introduzindo uma forma de concepção menos associada ao desenho, às plantas, vistas, cortes, etc., e mais ligada à visualização do próprio objeto, à percepção da tridimensionalidade, como em uma escultura*”.

Observa-se então que, com a introdução das ferramentas CAD como instrumental para o projeto, pode ocorrer uma mudança já na maneira deste ser concebido. Considerando-se o desenho enquanto **instrumento de concepção**, as mudanças podem ser percebidas, já que o projetista não precisa iniciar a partir de esboços bidimensionais, em planta baixa, como foi verificado no estudo já referido levado a termo no curso de arquitetura da FAUFBA em 1990, pois mesmo que ele não tenha habilidades de desenho à mão livre suficientes para iniciar sua concepção tridimensionalmente, ao utilizar um programa de modelagem ele estará capacitado a fazê-lo.

Por outro lado, ao iniciar o projeto utilizando a modelagem tridimensional ainda na fase inicial, como instrumento de concepção, através dos recursos das ferramentas CAD a geração dos desenhos de tradução se torna facilitada, ou mesmo dispensada, o que faz com que, enquanto instrumental de representação gráfica essas ferramentas coloquem os vários tipos de desenho interligados, deixando de existir a figura do “desenhista” ou seja, daquele profissional especializado em desenhar o projeto para apresentação final, com detalhes, seja em nanquim, ou utilizando o computador (os famosos “desenhistas cadistas”, tão procurados pelos escritórios e empresas de projeto e construção).

Quanto à representação das formas não convencionais, esta sempre foi difícil, complicada, sendo um fator limitador na sua criação. Com as tecnologias CAD, esta dificuldade começou a ser solucionada. LAWSON (1999) coloca que, no início dos anos 80, o Gable CAD – um programa de computador desenvolvido na Universidade de Sheffield, foi amplamente utilizado no Reino Unido e também em outros países e a sua avaliação técnica foi bastante positiva. “*A visualização permitiu aos arquitetos explorar formas tridimensionais complexas e desenvolvê-las de uma maneira que eles não podiam fazer facilmente pelo método manual*”.

Algumas obras arquitetônicas são o reflexo desta assertiva. Como exemplo pode ser citado o Museu Guggenheim de Bilbao, projetado por Frank Gehry e que contou com o auxílio do Catia, um programa de computador desenvolvido originalmente pela indústria aeroespacial francesa, que facilitou a execução do projeto. É um programa que trabalha com equações polinomiais em vez de polígonos, sendo perfeitamente capaz de definir qualquer superfície como uma equação⁷.

Com isto não se afirma que a concepção e representação de formas não convencionais só são possíveis com a utilização das tecnologias computacionais. Neste caso, pode ser citada a Ópera de Sydney, na Austrália, concebida por Jorn Utzon. Entretanto é preciso observar que este edifício levou quatro anos apenas para ser projetado e desenhado (e mais doze anos até ser inaugurado), enquanto o Museu Guggenheim de Bilbao levou apenas quatro anos entre os

⁷ In: BRUGGEN. Coosje Van. Frank Gehry. Museo Guggenheim Bilbao. The Solomon R. Guggenheim Foudantion. New York & FMGB Guggenheim Bilbao Museo, 1997. p135.

primeiros esboços de Gehry e sua inauguração⁸. Ainda a respeito da obra de Gehry, durante muito tempo seus projetos foram considerados difíceis de executar, até mesmo inviáveis, porém a tecnologia computacional transformou esta situação, e permitiu que ele extravasasse sua essência artística ao projetar o Museu Guggenheim de Bilbao. A esse respeito SOUZA (2000) observa que o Museu de Bilbao teve no desenvolvimento de seu projeto a presença das “*quatro categorias que Ratford⁹ sugeriu como linhas de aplicação do uso da tecnologia computacional em projetos arquitetônicos: a simulação [...], a geração [...], a otimização [...] e a representação[...].*”

Complementando estas observações acerca das formas não convencionais, em especial aquelas inspiradas na natureza, é importante pensar a aplicação das tecnologias computacionais também para conceber e representar aquelas formas que apresentam irregularidades nas suas feições, e “cujas dimensões não são inteiras”, não podendo ser traduzidas em informações numéricas pela geometria euclidiana. Estas formas podem ser geradas e traduzidas através da geometria dos fractais, uma teoria moderna que tem menos de 30 anos, e através da qual se pode descrever objetos da natureza. “*A forma natural dos fractais encontra-se na não existência nela de retas, círculos, enfim linhas descritas na geometria tradicional*” (DANTAS, 1992). Quanto à aplicação das ferramentas CAD para concepção e representação de formas geradas a partir dos fractais, observa-se que o processo está apenas iniciando, com algumas pesquisas e experiências sendo levadas a termo, pois envolve a produção de novos conhecimentos. Entretanto é um campo que merece ser levado em consideração, já que diz respeito exatamente à questão central da pesquisa que está sendo proposta, que é verificar como as ferramentas CAD podem favorecer ou até mesmo viabilizar a adoção de novas formas (não convencionais) em arquitetura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inúmeros são os elementos, variáveis e condicionantes envolvidos no estudo da produção da **forma** em arquitetura. Este trabalho procurou centrar-se apenas na abordagem de alguns desses elementos. Assim, procurou-se conceituar e caracterizar a **forma**, no que diz respeito às suas propriedades geométricas, ao estudo das superfícies das quais são originadas, e foi feita uma classificação em formas convencionais e não convencionais.

Seu objetivo é, portanto, apenas possibilitar um melhor embasamento teórico para os estudiosos deste tema, chamar a atenção para a importância do conhecimento da “geometria das formas”, que mesmo sendo criadas e representadas com auxílio das novas tecnologias computacionais, necessitam do suporte geométrico conceitual. Deve ser observado, entretanto, que este trabalho necessita ser enriquecido com outros estudos tais como a análise dos atributos físicos da **forma**, e um aprofundamento no estudo dos sólidos e das superfícies das quais são geradas, seus principais elementos e sua representação numérica e gráfica, esta última, através dos instrumentos tradicionais de desenho e da utilização de ferramentas computacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKI, J. et alli. Caderno Didático – **Introdução ao Estudo da Forma Arquitetônica**. Rio de Janeiro: UFRJ. Disponível em <http://www.fau.ufjr.br> . Acesso em agosto de 2002.

⁸ Mari, Juliana de. Prancheta Digital. In: Revista Veja, Editora Abril, Ano 32, Nº 34, 1999. p67.

⁹ Ratford citado por Kalisperis, Loukas – Computer based architectural design representation, Seminário Internacional NUTAU 1996, p221

- BROADBENT, G. **Diseño arquitectónico – Arquitectura y Ciencias Humanas**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1974.
- BRUAN, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. Perspectiva, São Paulo, 1981.
- BRUGGEN, Coosje V. **Frank Gehry. Museu Guggenheim Bilbao**. The Solomon R. Guggenheim Foundation, New York & FMGB Guggenheim Bilbao Museo, 1997.
- BUENO, F. da S. **Dicionário Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: FENAME, 1975.
- CARDOSO, C. A. P. **A Forma no Currículo do Curso de Arquitetura da UFBA**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura/Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1992.
- CHING, F. D. **Arquitetura: forma, espacio y orden**. Mexico: Gustavo Gilli, 1982.
- CORONA, E. & LEMOS, C. A. C. **Dicionário de Arquitetura Brasileira**. São Paulo: EDART, 1972.
- COSTA, M. D. & COSTA, A. V. **Geometria Gráfica Tridimensional**. Vol 1 – Sistemas de Representação. 3ª ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1996.
- DANTAS, Jorge de R. CAD, **Arquitetura e uma Nova Geometria**. In: Anais Seminário Internacional “Computação: Arquitetura e Urbanismo”. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992. p115-125.
- LAWSON, Bryan. **CAD na arquitetura, a história até agora**. In: GRAF & TEC, nº 6. Editora da UFSC, 2º Semestre/1999.
- PRATINI, D. F. **Em Busca de um Novo Desenho – Algumas Reflexões sobre uma Experiência de Desenvolvimento da Visualização via Computador**. In: Anais Seminário Internacional “Computação: Arquitetura e Urbanismo”. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992. p59-65.
- REGO, R. de M. **As Naturezas Cognitiva e Criativa da Projetação em Arquitetura; reflexões sobre o papel mediador das tecnologias**. In: Anais Graphica 2000 – III Congresso Internacional nas Artes e no Desenho / 14º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico – ABEG, Ouro Preto, 2000.
- RODRIGUES, A. **Geometria Descritiva – Projetividade, Curvas e Superfícies**. Rio de Janeiro: ao Livro Técnico, 1968.
- SOUZA, Isabel C. L. **Museu Guggenheim de Bilbao – Ousadia Formal Tecnologia Computacional**. Monografia/Curso de Especialização em Projeto Auxiliado por Computador/ Faculdade de Arquitetura /Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2000.
- WONG, W. **Princípios de Forma e Desenho**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.