

**IV PROJETAR 2009**  
**PROJETO COMO INVESTIGAÇÃO: ENSINO, PESQUISA E PRÁTICA**  
**FAU-UPM SÃO PAULO BRASIL**  
**Outubro 2009**

EIXO: Proposição

**A PRÁTICA DA SÍNTESE DA FORMA ATRAVÉS DA DECOMPOSIÇÃO DE REQUISITOS**

**Daniel de Carvalho Moreira**

Professor Doutor

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Av. Albert Einstein, 951 – Campinas, SP – 13083-852

damore@fec.unicamp.br

**Doris C. C. K. Kowaltowski**

Professora Titular

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Av. Albert Einstein, 951 – Campinas, SP – 13083-852

doris@fec.unicamp.br

## **Resumo**

No início da década de 1960, o projeto arquitetônico foi influenciado por aplicações científicas que permitiram lidar com uma grande quantidade de informação na solução de problemas complexos. A partir dos princípios da filosofia da ciência, da teoria dos sistemas e da pesquisa operacional, diversos projetistas desenvolveram métodos de análise, síntese e avaliação para auxiliar os procedimentos de projeto. Entre os trabalhos apresentados neste período, destaca-se o livro “Notes on the synthesis of form” do matemático e arquiteto Christopher Alexander. Nessa obra, Alexander apresentou os princípios que orientam o projeto arquitetônico, e uma estrutura para gerir problemas complexos.

A partir dos princípios da síntese da forma e seus conceitos de *forma*, *contexto*, *conjunto* e *ajuste*, são definidas com maior precisão e objetividade as informações dispostas no processo de projeto. O estudo de caso apresentado neste trabalho aproxima os conceitos da síntese da forma aos problemas práticos de projeto. Para isso, foi desenvolvido um aplicativo computacional que reproduz a decomposição de sistemas (HIDECS), descrita por Alexander em seus primeiros trabalhos, e aplicado na análise do estudo de caso. Mais de quarenta anos depois de sua primeira aplicação, o programa HIDECS foi reconstituído através de linguagens de computação atuais e está novamente disponível para uso em projetos.

## **Palavras-chave**

Conceito, Forma, Processo, Proposição.

## **Abstract**

In the first years of the 1960's, architectural design was influenced by scientific applications, dealing with a large amount of information to achieve solutions of complex problems. Impacted by the Philosophy of Science, Systems Theory and Operational Research, many designers and engineers developed analysis, synthesis and evaluation methods to support the design process. At the same time, Christopher Alexander's book "Notes on the synthesis of form" had a special interest and influence in the design methods movement. In his work, Alexander presented principles to guide architectural design and a conceptual framework to organize the variables of complex problems.

Along with the principles of the synthesis of form and the definitions of *form*, *context*, *ensemble* and *fitness*, the design process information is more precisely defined. The present research applied the synthesis of form concepts to the analysis of one case study with the goal of adopting a practical mean to the architectural design process. A computer tool to reproduce Alexander's Decomposition of Systems (*HIDECS*) was developed and used for the case study analysis. The *HIDECS* computer program was reconstituted within a contemporary computer programming language, more than forty years after its first use, and is available for architectural design development now.

## **Keywords**

Concept, Form, Process, Proposition.

## **Resumen**

En los años 1960, el proyecto arquitectónico fue influenciado por las aplicaciones científicas para hacer frente a una gran cantidad de información en la solución de problemas complejos. De los principios de la filosofía de la ciencia, la teoría de los sistemas y la investigación operativa, los diseñadores han desarrollado varios métodos de análisis, síntesis y evaluación de procedimientos para ayudar al proyecto. Entre las obras presentadas en este período, es el libro "Notes on the synthesis of form" del matemático y arquitecto Christopher Alexander. En este trabajo, Alexander presentó los principios que guían el diseño arquitectónico y una estructura para manejar problemas complejos.

De los principios de la síntesis de la forma y los conceptos de *forma*, *contexto*, *conjunto* y *ajuste*, se definen con mayor precisión y objetividad a la información que aparece en el proyecto. El estudio de caso presentado en este trabajo aporta los conceptos de síntesis de la forma de problemas prácticos de diseño. Por esta razón, se desarrolló un programa de ordenador que reproduce la descomposición de los sistemas (*HIDECS*), descrita por Alexander en sus primeros trabajos, y se aplica en el análisis del estudio de caso. Más de cuarenta años después de su primer uso, se reconstituyó el programa de ordenador *HIDECS* a través de la informática de hoy e es de nuevo disponible para su uso en los proyectos.

## **Palabras-llave**

Concepto, Forma, Proceso, Proposición.

## **Introdução: os princípios da síntese da forma**

O processo de projeto deve descrever um objeto que seja capaz de cumprir as exigências próprias de seu uso. Porém, durante seu desenvolvimento, o objeto está em uma situação isolada, tanto temporal como fisicamente, do ambiente real onde deverá operar. Tal situação representa dificuldades na verificação das condições de funcionamento e de uso do objeto. É este aspecto de adequação do objeto à sua situação de uso que torna necessária a definição dos problemas e das soluções de projeto em termos funcionais.

Portanto, todas as orientações das características do objeto durante seu processo de projeto são respostas funcionais aos problemas colocados. O procedimento descrito por Christopher Alexander em “Notes on the synthesis of form” procura enunciar problemas de projeto, segundo suas origens funcionais, para identificar facilmente os padrões destes problemas (ALEXANDER, 1977 [1964], p. 15). Partindo destes princípios, que aqui são chamados de *princípios da síntese da forma*, é possível estabelecer os conceitos de *forma*, *contexto*, *conjunto* e *ajuste* para a avaliação do processo e das soluções de projeto dos arquitetos. Embora não seja possível saber exatamente como um problema foi abordado pelo arquiteto, pode-se buscar uma compreensão mais profunda das soluções adotadas em arquitetura, através dos princípios descritos por Alexander.

Alexander não usa o termo *objeto* para definir o resultado do processo de projeto, mas sim *forma*. Em arquitetura, a *forma* é o edifício ou a organização do espaço. O arquiteto não pode alterar diretamente o ambiente que cerca o edifício, fora de sua área de projeto, tampouco mudar as características dos usuários. Mas pode influir, tanto no ambiente quanto nas atividades dos usuários, através das características conferidas ao espaço construído. Para tanto, os problemas são identificados como questões funcionais às quais o edifício deverá responder. Colocar as exigências da *forma* nestes termos descreve as premissas do projeto de modo mais objetivo.

Assim, o arquiteto pode definir a configuração e ordenação do espaço físico e, com isso, resolver os problemas colocados. Para que o edifício projetado satisfaça adequadamente sua função, o arquiteto deve reconhecer os limites das suas proposições e deve conhecer as condições do problema, como, por exemplo, interpretar corretamente as necessidades dos usuários.

Outra propriedade importante da *forma* é a sua estrutura interna. Quando se começa a buscar uma *forma* que resolva o problema inicial, a sequência de definições das suas propriedades coloca outros problemas. Conforme se afastam do problema inicial, os problemas subsequentes são mais relacionados à estrutura interna da *forma*.

O segundo conceito estabelecido por Alexander nos seus princípios da síntese da forma é o *contexto*. O *contexto* é a situação que envolve o edifício e tudo aquilo que constitui o ambiente onde o edifício opera. Não é apenas uma situação física, limitada por uma área, um terreno e suas características geográficas, mas todas as situações de uso, culturais, urbanas, estruturais e assim por diante. Fazem parte do *contexto* as propriedades e características dos usuários do edifício, bem como seus valores e preferências, estéticos ou culturais. O processo de projeto em arquitetura engloba a identificação do *contexto* ao considerar: as condições físicas do terreno onde se vai construir, as condições urbanas do terreno, as características do usuário, as condições temporais e assim por diante.

Ao trabalhar com um *contexto*, o arquiteto se vê diante de uma situação complexa, pois o número de variáveis é grande e de difícil organização. Ao projetar o edifício, o arquiteto analisa e verifica várias organizações do *contexto*, e confere graus de prioridade para certas variáveis ou elementos. Projetar o edifício implica em uma abstração, por parte do arquiteto, do *contexto* observado. Isso significa que o processo de projeto não opera diretamente em um *contexto* real, mas através da abstração que o projetista é capaz de fazer. E essa abstração nunca poderá lidar com o total de variáveis, tampouco com todas as suas possibilidades de organização. Alexander expõe essa condição e sugere que o arquiteto ou o projetista devem se valer de uma representação formal (*formal picture*) da sua abstração do *contexto*:

- a) a representação formal permite que muitas variáveis sejam descritas, em uma relação que se estende além da capacidade mental ou da memória do arquiteto, ideal para situações complexas;
- b) a representação formal pode ser alterada para recombinar os elementos identificados no *contexto* de muitas maneiras diferentes, na busca de um modelo que represente de modo preciso o *contexto* real;
- c) a representação formal pode ser usada para verificar a viabilidade das alternativas de projeto;
- d) a representação formal pode ser confrontada com o *contexto* real para avaliar a confiabilidade do modelo;
- e) pode-se empregar técnicas e ferramentas que auxiliem a definição da representação formal.

A representação formal é um modo de expressar simbolicamente o problema e a sua solução. Alexander propôs a teoria dos conjuntos como um sistema simbólico adequado para representar o *contexto* e verificar os *ajustes* das soluções possíveis. O *contexto* configura o problema que o objeto projetado deverá enfrentar, e a representação formal do *contexto* é a representação formal dos problemas colocados para o projeto do edifício.

Para compreender o processo de concepção da *forma* e de descrição do *contexto*, deve-se entender os princípios que definem o *conjunto*. O *conjunto* é constituído pela *forma* e pelo *contexto*. Diante de um *conjunto*, o arquiteto estabelece, de modo abstrato, organizações diferentes para o *contexto*, ao mesmo tempo que procura respostas funcionais para os problemas que identifica através da definição da *forma*. Se o *contexto* muda constantemente, quanto maior o número de configurações antevistas pelo projetista, mais adequadas serão, a priori, as soluções de projeto. Ao mudar a divisão do *conjunto* em outras relações de *forma* e *contexto* e alterar, assim, a definição do problema, o arquiteto passa a considerar possíveis mudanças em cada ponto do *conjunto*.

Ao considerar as dimensões reais do projeto, resta ao arquiteto a difícil tarefa de definir um *conjunto* que considere a complexidade do *contexto* e proponha uma *forma ajustada* a ele. Esta situação é apresentada nos seguintes termos:

- a) existe um contexto onde um edifício se insere;
- b) existe um objeto, ou forma, que é o edifício;
- c) existe um ajuste, ou adaptação, entre o contexto e o edifício;
- d) o objetivo do projeto é definir o edifício.

Para que o projeto alcance seu objetivo, o arquiteto deve ser capaz de identificar os *ajustes* entre o *contexto* e a *forma*. Se a *forma* está relacionada ao *contexto* e esta relação é funcional, deve-se descrever o *conjunto* que representa esta situação. Este *conjunto* é composto por variáveis funcionais que enumeram as relações *forma-contexto*. O primeiro passo é procurar compreender o *contexto* e traduzi-lo em variáveis que serão consideradas pela *forma*. O exemplo que Alexander utiliza para ilustrar suas ideias é o projeto de uma aldeia na Índia. É interessante observar que Alexander não descreve ou explica o *contexto* do projeto em uma narrativa sobre o modo de vida dos indianos. A única descrição do projeto é: “Deve-se reorganizar uma aldeia agrícola de seiscentas pessoas para fazer com que se ajuste às atuais e futuras condições de desenvolvimento na Índia rural” (ALEXANDER, 1977 [1964], p. 136). Em seguida, são apresentados os requisitos funcionais que a *forma* deverá satisfazer. Alguns exemplos:

- Regras relativas à porta da casa, que não deve abrir para o sul;
- Toda uma família vive em uma casa;
- A aldeia tem grupos sociais fixos;
- O gado é tratado como sagrado.

O objetivo do procedimento descrito por Alexander é que a *forma* responda à uma organização funcional do *contexto*, garantindo um bom *ajuste*. Para isso, pode-se identificar os seguintes passos na decomposição do problema:

- a) descrição do *contexto*;
- b) definição de um conjunto de variáveis, descritas como requisitos funcionais que deverão ser satisfeitos pela *forma*;
- c) para facilitar a organização e definição do conjunto de variáveis, pode-se determinar tópicos-chave dentro dos quais serão relacionadas essas variáveis, como, por exemplo, “implantação”, “transporte”, “relações sociais”, etc.
- d) identificar os vínculos entre as variáveis: se uma variável apresentar uma interação com outra, este vínculo deverá ser considerado pelo projetista.

A complexidade do projeto se faz presente diante do arquiteto porque o *contexto* não pode ser inteiramente determinado e, portanto, o *ajuste* não pode ser verificado de modo satisfatório, mesmo quando as exigências são quantificadas. No exemplo da aldeia na Índia, Alexander apresenta o *contexto* através dos requisitos funcionais que a *forma* deve cumprir. Os *ajustes* entre o *contexto* e a *forma* não estão isolados uns dos outros e interferem entre si. Quando o arquiteto projeta uma propriedade do edifício, ele procura determinar uma função para a *forma*, que responda ao *contexto*. Se a propriedade do edifício responde de modo satisfatório ao *contexto*, uma parte do *conjunto forma-contexto* está bem ajustado. No entanto, outras propriedades serão conferidas ao edifício, aumentando sua complexidade interna e complicando o *conjunto forma-contexto*. Quando todas as partes da *forma* passam a operar juntas, uma parte do edifício intervém no cumprimento das funções da outra. A solução apontada por Alexander para resolver esta característica do projeto é separar a estrutura do conjunto em sub-sistemas que possam ser resolvidos separadamente. Assim, é mais fácil para o projetista resolver essas partes do que o conjunto completo. Além disso, futuras alterações no *contexto* vão exigir a alteração de uma parte da *forma*, e não de toda ela (ALEXANDER in: JONES; THORNLEY, 1963 [1962]).

### **Problema: o projeto arquitetônico**

Na busca por uma definição do bom *ajuste* entre o *contexto* e a *forma*, Alexander encontrou argumentos nas soluções arquitetônicas, ou construtivas, dos povos primitivos. As condições em que estes povos viviam, que o autor chamou de “cultura auto-inconsciente” (*unselfconscious*), proporcionaram um bom *ajuste* entre suas construções e o *contexto*. Prova disso são as habitações primitivas que permitiram ao ser humano sobreviver em condições ambientais e climáticas rigorosas. Isso só foi possível porque estas construções eram bem adaptadas ao *contexto*, resultado do bom *ajuste* que caracteriza um *conjunto* em equilíbrio. Caso alguma alteração no *contexto* comprometa o bom *ajuste* e surja um *desajuste*, o próprio morador e construtor vai corrigir imediatamente a inadequação.

A cultura considerada civilizada, onde se observa uma estrutura econômica, social, cultural e política integrada globalmente, é o padrão da cultura *auto-consciente*. Alexander enumera as características da arquitetura na cultura *auto-consciente* através da comparação com as propriedades da cultura *auto-inconsciente* (ALEXANDER 1977 [1964], p. 55 e 56):

- os materiais não são mais tão acessíveis;
- os edifícios apresentam um caráter permanente;
- os reajustes e reparos são menos frequentes ou menos criteriosos do que deveriam ser;
- as construções não são realizadas pelos moradores;
- quando surgem as falhas ou desajustes, elas devem ser descritas várias vezes para que um especialista possa reconhecê-las e propor um ajuste permanente.

O processo de projeto é uma abstração do projetista. O arquiteto reúne informações e impressões sobre o contexto e como funcionará o edifício que ele vai projetar. Mesmo que registrados formalmente, os dados reunidos serão avaliados

mentalmente, enquanto o arquiteto concebe o edifício. A situação complexa, com muitas variáveis de contexto, dificulta uma abstração de todos os fatores envolvidos e impossibilita a verificação funcional dos aspectos conferidos ao edifício durante o projeto.

### **Objetivo: a estrutura da representação formal**

O objetivo do método descrito por Alexander é transformar um conjunto de dados sobre o contexto em uma estrutura organizada. Para isso, o contexto é descrito em termos funcionais, o que permite colocar os aspectos que a forma deverá responder. O conjunto de requisitos funcionais é um sistema e será analisado com o propósito de identificar seus subsistemas internos: o sistema é um modelo que representa as propriedades de um evento e o conjunto é um modo matemático de representar um sistema e suas variáveis. Os subsistemas são partes do conjunto – subconjuntos – que operam de modo independente. Os subsistemas possuem ligações internas entre seus elementos que, para os propósitos do projeto, representam as relações entre os requisitos funcionais. Portanto, o objetivo é propor uma estrutura que represente as questões envolvidas no projeto, para que a definição de um edifício seja adequada ao contexto onde ele vai operar.

Se a representação formal for capaz de identificar subsistemas independentes, uma alteração do contexto ou um problema de desempenho do edifício poderá ser solucionado sem que outros subsistemas tenham que ser modificados. Para obter a melhor divisão em subsistemas, Alexander propõe verificar todas as estruturas possíveis para o contexto.

O procedimento utilizado por Alexander no estudo de caso apresentado em “Notes on the synthesis of form” partiu de um conjunto de requisitos funcionais que configurava o contexto de projeto de uma aldeia na Índia. Pode-se imaginar a situação como um diagrama de conjunto composto por 141 pontos ligados uns aos outros, que representam os requisitos funcionais. No entanto, não é possível identificar os subconjuntos em um emaranhado tão grande de pontos e ligações. A solução apresentada por Alexander foi submeter o conjunto à uma análise matemática capaz de identificar os subconjuntos mais importantes cada vez que o conjunto fosse dividido em dois, segundo o número de pontos e o total de ligações existentes em cada subconjunto.

### **Método: a decomposição hierárquica de sistemas**

A identificação de um subconjunto é feita através da análise de sua estrutura interna: um subconjunto é encontrado porque seus elementos estão muito mais conectados entre si do que em outras divisões possíveis do mesmo conjunto. O método de Alexander consiste em dividir o conjunto original em dois subconjuntos: cada vez que o conjunto fosse dividido, o resultado seria avaliado pelo modelo matemático que, por sua vez, expressaria o grau de ligação interna daquela divisão. Ao comparar o grau de conectividade de todos os resultados, seria identificada a melhor divisão de um conjunto em dois subconjuntos. No exemplo do projeto da aldeia na Índia, que lida com um conjunto de 141 elementos, o total de subconjuntos possíveis é de  $2^{141}$ . A melhor divisão é aquela que quebra as ligações mais fracas do conjunto, e o separa em dois subconjuntos independentes (ALEXANDER, 1963, p. 100).

Alexander define uma função INFO (figura 1) como critério para verificar as divisões mais independentes de um conjunto. O objetivo do procedimento proposto é identificar a divisão do conjunto que retorne o menor valor possível para a função (ALEXANDER in: JONES; THORNLEY, 1963 [1962], p. 100):

$$INFO = \frac{(l - l_a - l_b) m(m-1) / 2 - l.a.b}{\sqrt{\{a.b. (m(m-1) / 2 - a.b)\}}}$$

Figura 1 – Função INFO

onde:

$m$  = o número total de variáveis;

$a$  = o número de variáveis em um subsistema;

$b$  = o número de variáveis no outro subsistema;

$l$  = o número total de conexões;

$l_a$  = o número de conexões plenamente contido no primeiro subsistema;

$l_b$  = o número de conexões plenamente contido no outro subsistema.

Não é possível executar esta operação de divisão em subconjuntos e verificação matemática do resultado sem o auxílio de um computador. Em 1962, Alexander desenvolveu um programa de computador em um IBM7090 para dividir e identificar os subconjuntos de requisitos funcionais para o projeto da aldeia na Índia. O programa de computador recebeu o nome de HIDECS: *Hierarchical Decomposition of Systems*. A versão utilizada na decomposição do exemplo da aldeia na Índia, em “Notes on the synthesis of form”, foi chamada de HIDECS 2 (ALEXANDER; MANHEIM, 1962 apud ALEXANDER, 1977 [1964], p. 216). Uma vez compreendido o funcionamento do programa HIDECS 2, foi possível reconstituir o aplicativo computacional original proposto por Alexander em 1963 através de uma linguagem atual de programação, cujo resultado recebeu o nome de *Sub-módulo HIDECS* (MOREIRA, 2007, p. 159).

O *sub-módulo HIDECS* é um aplicativo computacional desenvolvido em *Borland Delphi* (*Borland Delphi Enterprise*, version 5.0 (Build 5.62) Copyright © 1983, 1999 Inprise Corporation) que executa a mesma operação efetuada pelo programa HIDECS 2 de Christopher Alexander, originalmente escrito na linguagem *assembly* de programação para o IBM-7090. O *sub-módulo HIDECS* não foi desenvolvido segundo o código original de Alexander, mas se baseou no procedimento de cálculo descrito pelo autor no relatório de pesquisa publicado em 1963 sobre a evolução do HIDECS (ALEXANDER, 1963). A principal diferença que existe entre o *sub-módulo* e a descrição do HIDECS 2 original é que o primeiro não encerra as comparações entre as divisões possíveis do conjunto quando a frequência com que se encontram soluções melhores é muito baixa, como fazia o programa original. O *sub-módulo HIDECS* esgota todas as possibilidades de divisão do conjunto de ligações entre requisitos funcionais, e encontra a divisão que retorna o menor valor da equação INFO (figura 1).

### **Aplicação: a definição do estudo de caso**

O objetivo geral do estudo de caso é compreender o trabalho de um arquiteto a partir dos conceitos da síntese da forma. Apresenta uma perspectiva diferente da atividade projetiva ao identificar as propriedades do contexto, da forma e dos requisitos funcionais, observados em exemplos reais. Uma vez que a estrutura formal proposta por Alexander permite trabalhar com estes elementos no desenvolvimento do projeto, elas são usadas como instrumentos de análise em situações onde o edifício já foi definido.

Um padrão profissional considerado apropriado para o estudo de caso foi estabelecido como: arquiteto com mais de 15 anos de prática profissional ininterrupta, atuante no mercado de trabalho e com uma produção representativa de projetos

residenciais. Esse perfil garantiu que o arquiteto projetista já tivesse uma experiência na resolução de problemas de habitação unifamiliar e que conhecesse o padrão do usuário ou cliente de seus projetos. Outro ponto considerado é que este profissional conhecesse também as técnicas construtivas mais comuns, empregadas neste tipo de construção.

O depoimento do estudo de caso foi obtido através de entrevistas, realizadas a partir de um questionário de estrutura aberta e organizado segundo um plano geral que buscou reunir informações sobre o arquiteto, o cliente, o contexto do projeto apresentado, as propriedades da forma projetada e as considerações do arquiteto sobre o processo (MOREIRA, 2007, p. 247). O arquiteto teve a liberdade de escolher um projeto da sua produção, o que resultou em um exemplo completo, detalhado e bem ajustado.

A descrição de um projeto começa pelos seus fatores mais gerais, como o tipo de edifício projetado, as características do cliente, dados sobre o terreno e a legislação. A maior parte destes dados são identificados como o contexto. Conforme o projetista apresenta sua interpretação do contexto, ele mostra quais são os requisitos funcionais e os aspectos físicos do projeto, que caracterizam a forma. Aos poucos a descrição se distancia de um contexto maior e se atém aos detalhes do edifício. Isso não significa que a apresentação do contexto foi esgotada, mas que a própria forma configura um novo contexto. Por exemplo: quando são tomadas decisões sobre a implantação e a volumetria de um edifício, as suas características internas dependem dessas escolhas. O modo como o volume da edificação foi disposto no terreno configura o contexto em que outras áreas, como o estacionamento, são definidas.

A partir da organização do relato, o passo seguinte foi identificar os tópicos mais relevantes do projeto e que permitissem levantar os dados de forma e contexto para, finalmente, identificar os requisitos funcionais. O procedimento inicial de análise foi baseado nos seguintes passos:

a) Descrição da forma:

- o edifício e o exterior
- organização interna do edifício
- composição física do edifício e a construção

b) Descrição do contexto:

- o local onde o edifício é construído
- as expectativas e os valores do usuário a que se destina a construção
- as condições de construção do edifício

c) Identificação dos critérios estabelecidos pelo arquiteto para resolver o projeto em análise. Esses critérios são as questões fundamentais que o projeto procurou resolver e compõem o partido arquitetônico adotado. Os tópicos-chave do partido organizam os dados levantados nos itens 1 e 2.

d) Identificação os requisitos funcionais.

O objetivo do procedimento não é explicar a razão que leva a cada uma das associações, mas procurar descrever as propriedades do projeto através dos princípios da síntese da forma. A análise preliminar das relações entre os requisitos funcionais e contexto exige menos critérios que a análise das relações entre requisitos funcionais e forma, mais complexas e carregadas de implicações. A contribuição dessa etapa da análise foi compreender quais os requisitos funcionais principais em cada estudo de caso, sua relação com a forma e com o contexto, e não necessariamente procurar identificar sua origem na criatividade ou intuição do arquiteto.

O projeto descrito no estudo de caso é um exemplo de trabalho bem ajustado e de qualidades positivas para o arquiteto entrevistado. A casa foi projetada em atenção a uma família constituída por um casal e duas filhas, em um lote de cinco

mil metros quadrados localizado no ponto mais elevado de um condomínio fechado, sendo que o maior comprimento do terreno se estendia no sentido norte-sul, com um leve caimento nos sentidos leste-oeste. A rua de acesso faceava o comprimento lateral do lote, que recebia o sol a oeste. Diante da situação do terreno, a implantação foi automática: a casa seria disposta na parte posterior do terreno e virada para o norte, abrindo-se para um grande jardim. Os quartos foram orientados a nordeste, em vez de abertos diretamente para o leste, pois com isso não deixavam de se beneficiar do sol da manhã e voltavam-se diretamente para o panorama do vale, diante do terreno, e para o jardim. Voltada mais para o oeste, a garagem aproveitava o acesso direto da rua, ao mesmo tempo que protegia a construção de maior insolação no decorrer do dia. A organização foi disposta em forma de leque, acompanhando harmoniosamente a topografia suave do terreno, a orientação solar, as visuais e a situação urbana do lote. O resultado é uma organização gerada em princípios claros, observados também na geometria da conformação da casa (figura 2).

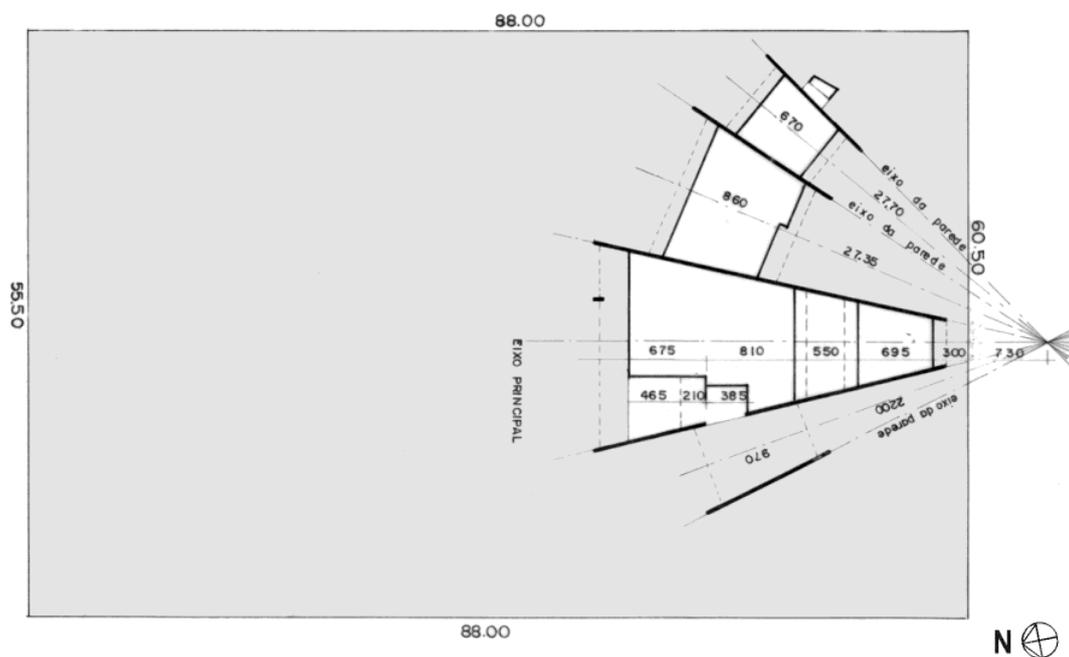


Figura 2 - Estudo de caso: implantação; a rua de acesso tangencia o terreno na face oeste.

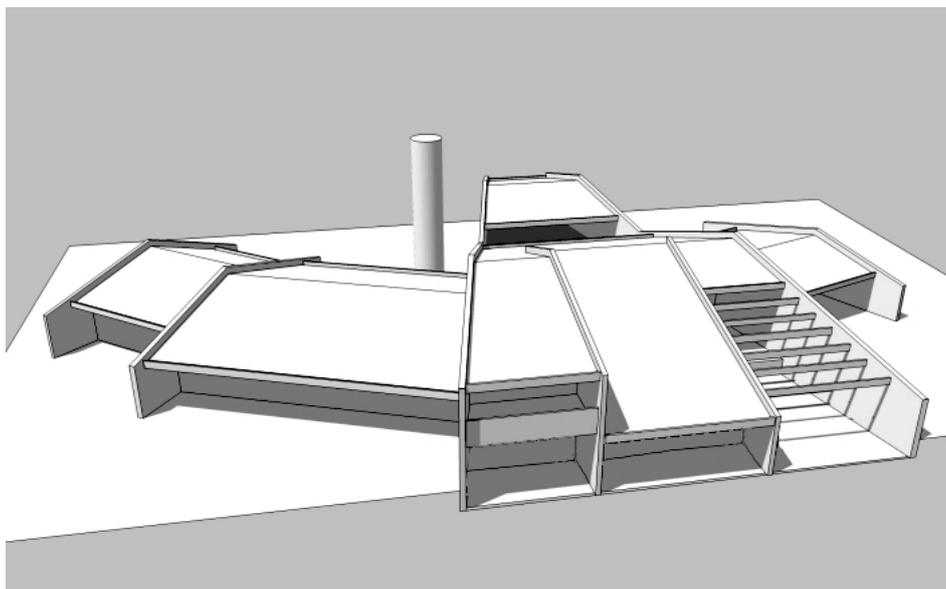
FONTE: Desenho de documentação legal do projeto, cedido pelo arquiteto entrevistado.

A implantação da casa foi bem aceita pelos clientes, desde o início do projeto. As soluções subsequentes também foram aprovadas pela família, que discutiram alguns detalhes mas, no processo geral, ofereceram liberdade ao desenvolvimento do projeto. O programa foi identificado pelo arquiteto como tranquilo, sem exigências particulares e com uma organização enxuta. Em função das dimensões do terreno, o jardim representava um aspecto importante para os proprietários, que cultivavam as plantas.

A organização da casa é disposta em um único pavimento térreo, exceto por um escritório mais isolado no mezanino da sala. O corpo principal e central da casa é em forma de cunha, com a área social na parte mais larga, abrindo-se para o jardim, e a parte afunilada voltada para sul, com as atividades de serviço na parte posterior. Ali foi criado um pátio fechado, com um acesso direto pela garagem e ligação com a cozinha, a despensa, a copa e a área de serviço. Do lado oeste do terreno está a garagem com acesso para o hall de entrada e, do lado leste, a área íntima que se constitui de quatro dormitórios, sendo duas suítes, e mais dois quartos que compartilham o mesmo banheiro. O acesso da área íntima é feito por um corredor nos fundos que termina na suíte maior, na extremidade leste do terreno.

A lógica compositiva para organizar a disposição das paredes – em que todas convergem para o mesmo ponto – pode ser observada na implantação, onde são definidos quatro corpos principais: o corpo maior e central é a cunha de atividades sociais e de serviço e os outros corpos são formados pela garagem, pelo conjunto de três dormitórios e pela suíte maior. A extensão das paredes e o recuo das partes da casa garantem a privacidade e isolamento das atividades, em especial a da área íntima em relação à área social. Na face oeste, as mesmas extensões de paredes são usadas junto da área da garagem, desta vez para proteger a área social da incidência direta do sol.

O resultado volumétrico obtido dispõe alturas diferentes para cada laje e cada corpo da casa. Não existe um telhado com estrutura de madeira: as lajes inclinadas são de concreto e impermeabilizadas. Com isso, as lajes podem ter alturas diferentes e a inclinação mais suave que a observada em telhados de madeira. Essa propriedade permitiu que se dispusesse o mezanino no escritório sem subir demais a cumeeira e com uma inclinação mais suave que aquelas observadas nas lajes próximas (figura 3).



*Figura 3 - Estudo de caso: perspectiva volumétrica da casa, reconstituída pelos autores. As sombras correspondem à insolação no período da manhã do solstício de verão.*

Em termos construtivos, a laje representou dois desafios principais. O primeiro foi o seu sistema de impermeabilização, que utilizou uma espuma que se expandia e protegia a superfície inclinada da laje. Na época – o projeto da casa é de 1973 – tratava-se de uma técnica bastante arrojada, que foi bem aceita pelo cliente. Outra particularidade da solução de lajes inclinadas é que elas não estavam alinhadas em altura, embora cada par estivesse apoiado na mesma parede. Com as diferentes alturas resultaram desencontros nos apoios estruturais: as cumeeiras estão em pontos diferentes, assim como as vigas de apoio para cada laje junto das paredes. O projeto da estrutura em concreto foi integralmente discutido e acompanhado pelo arquiteto.

### **Resultados: a análise do estudo de caso**

A descrição do projeto analisado apresentou fundamentalmente os critérios da sua implantação. A primeira divisão, baseada nos dados da entrevista, foi organizada em aspectos relativos à forma e ao contexto, como apresentado na tabela abaixo:

	<b>FORMA</b>	<b>CONTEXTO</b>
<b>EXTERNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- construção disposta na parte posterior do terreno, voltada para o norte</li> <li>- um único pavimento térreo</li> <li>- aberturas orientadas para nordeste</li> <li>- garagem na lateral oeste, junto ao acesso</li> <li>- construção disposta em leque</li> <li>- estrutura e paredes revestidas</li> <li>- portas-janela abrindo para o jardim</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- terreno de 5000m<sup>2</sup> em um condomínio de grandes lotes</li> <li>- terreno em um ponto alto do loteamento, com leve caimento e vista privilegiada</li> <li>- grande jardim</li> <li>- maior dimensão do terreno no sentido norte-sul</li> </ul>
<b>INTERNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- organização enxuta</li> <li>- escritório no mezanino da sala</li> <li>- corpo principal com a área social mais ampla abrindo para norte e área de serviços na parte sul</li> <li>- garagem comunica-se tanto com a área de serviço como com a parte social</li> <li>- área íntima na parte leste do terreno, separado do corpo principal</li> <li>- paredes principais que separam as áreas da casa</li> <li>- estrutura e paredes revestidas</li> <li>- iluminação zenital nos banheiros</li> <li>- domos de ventilação</li> <li>- piso de ardósia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- casal e duas filhas</li> <li>- sem exigências particulares</li> <li>- forma em leque</li> </ul>
<b>CONSTRUÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- extensas paredes principais, que convergem para um único ponto</li> <li>- lajes inclinadas em concreto, impermeabilizadas, sem forro e sem telhas</li> <li>- diferentes alturas das lajes</li> <li>- estrutura em concreto, com vigas e pilares revestidos</li> <li>- torre externa de caixa d'água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- organização não ortogonal da construção</li> </ul>

A identificação dos requisitos funcionais desenvolveu-se de acordo com o único partido de implantação identificado e os aspectos externos, internos e de construção do projeto. Em seguida, foram definidas as associações entre requisitos funcionais segundo as descrições feitas pelo arquiteto entrevistado. Tanto os requisitos como as respectivas associações são estabelecidos pela análise. O objetivo é, através desses elementos, estruturar o depoimento do arquiteto. Como resultado, identificou-se os seguintes requisitos funcionais:

- R.1. Implantar a casa liberando uma grande área de jardim;
- R.2. Permitir a insolação adequada dos cômodos;
- R.3. Facilitar o acesso de veículos até a garagem;
- R.4. Abrir a casa para a vista obtida no ponto mais alto do terreno;
- R.5. Permitir o acesso direto ao jardim;
- R.6. Organizar as áreas social, íntima e de serviços;
- R.7. Prover uma área de trabalho isolada das atividades da casa;
- R.8. Abrir as áreas mais nobres (social e íntima) para as vistas principais;
- R.9. Permitir o acesso direto aos veículos, tanto para as atividades sociais quanto para as de serviço;
- R.10. Abrir os dormitórios para o sol nascente;
- R.11. Preservar a intimidade da área dos quartos em relação à área social;
- R.12. Exaltar a composição não ortogonal da casa;
- R.13. Permitir a iluminação das áreas internas ao corpo da casa;

- R.14. Permitir a ventilação das áreas internas ao corpo da casa;
- R.15. Piso com peças de diversos tamanhos: revestimento irregular;
- R.16. Definir os eixos de organização da forma;
- R.17. Manter os corpos da construção independentes dentro da disposição em leque;
- R.18. Permitir o escoamento da água da chuva;
- R.19. Manter a linguagem plástica da construção;
- R.20. Evitar distribuir a instalação hidráulica pela laje.

A ligação entre os requisitos é expresso na matriz de pontos da figura 4.

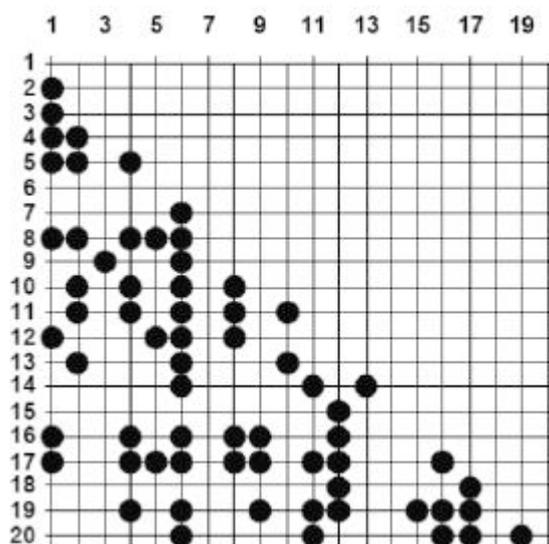


Figura 4 - Diagrama de Relações entre os Requisitos Funcionais.

A organização e classificação dos requisitos funcionais do estudo de caso em subgrupos segundo o *sub-módulo HIDECS* pode ser observada na figura 5.

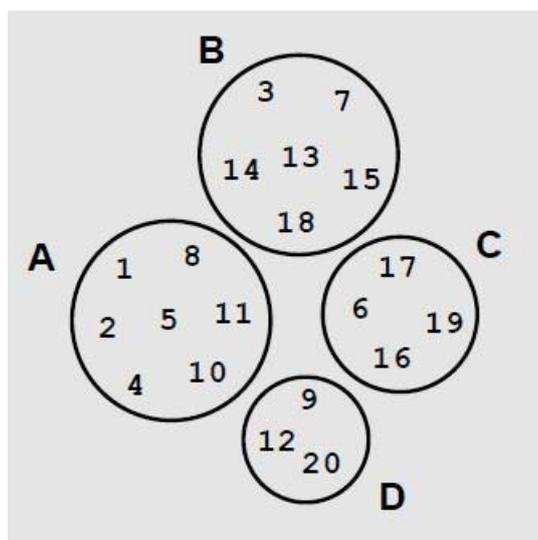


Figura 5 - Subsistemas de requisitos funcionais independentes que constituem o estudo de caso.

Portanto, a divisão resultante da aplicação do programa de computador *sub-módulo HIDECS* apresentou quatro subgrupos: “A”, “B”, “C” e “D”. A análise do subgrupo “A” demonstrou que foram reunidos os requisitos que determinam a relação entre a forma da casa e as condicionantes naturais do terreno. São observados requisitos que descrevem as propriedades de implantação (requisito 1), de insolação (requisito 2 e 10), das vistas (requisito 4 e 8) e do jardim (requisito 5 e 11). A origem do subgrupo “B” pode ser identificada nas consequências funcionais da forma do

projeto. Demonstra, particularmente, o potencial da decomposição de sistemas na análise de formas definidas. Como não se trata de um novo projeto, o subgrupo “B” é o conjunto de requisitos exigidos pela forma não ortogonal do segundo estudo de caso, onde são necessárias soluções funcionais para:

- acesso de veículos que atenda aos setores social e de serviço, dentro da disposição da casa em leque (requisito 3);
- área de trabalho – escritório – separada dos setores social, de serviço e íntimo, definidos pela forma (requisito 7);
- iluminação da área central interna (requisito 13);
- ventilação da área central interna (requisito 14);
- diversos tamanhos das peças dos pisos e paginação não ortogonal (requisito 15);
- escoamento da água da chuva (requisito 18).

O subgrupo “C” reúne os princípios de composição plástica da casa, incluindo a organização geral dos seus espaços internos (requisito 6). Para isso, é considerada a forma projetada em resposta às condicionantes naturais do terreno, como descritas pelo subgrupo “A”. O princípio gerador da forma são os eixos (requisito 16), que resultam em volumes independentes (requisito 17) dispostos numa composição em leque (requisito 19).

Já os elementos do subgrupo “D” não constituem um grupo independente, uma vez que não foi identificada uma natureza funcional comum aos três requisitos (9, 12 e 20). A natureza dos requisitos rejeitados está mais próxima daquela descrita como princípio de organização do subconjunto “C”, embora os elementos 9 e 20 também compartilhem semelhanças com os integrantes do subconjunto “B”.

### **Conclusões: as propriedades do processo**

A caracterização dos subsistemas é um processo de síntese, onde a natureza de um agrupamento é identificada na relação entre suas propriedades funcionais. No entanto, dois fatos chamam a atenção: o primeiro é a objetividade do agrupamento e o segundo é que o subconjunto possui uma natureza diferente daquela antevista na classificação dos requisitos funcionais. Entre tantos princípios envolvidos em um estudo de caso, o *sub-módulo HIDECS* sugere quais são os fundamentais para o projeto (MOREIRA, 2007, p. 303).

Também chama a atenção a importância dos critérios usados para relacionar os requisitos funcionais entre si. As divisões obtidas pelo *sub-módulo HIDECS* se baseiam nessas relações. Definir ligações entre requisitos consiste em escolher as associações que refletem os princípios do projeto, segundo o relato do arquiteto. Para isso, o requisito deve ser descrito de modo objetivo.

Portanto, deve-se observar que a identificação da natureza dos subgrupos de requisitos partiu da análise de projetos definidos, cujas propriedades de contexto e forma são dadas pelos depoimentos de estudo de caso. Aplicar os mesmos princípios no processo de projeto exige parâmetros adicionais.

O estudo de caso demonstra que a atividade do arquiteto exige um vínculo estreito com o processo construtivo. Muitas vezes o cliente ignora esta propriedade e cabe ao arquiteto fazê-la presente. O domínio técnico e construtivo colabora com a objetividade do processo de projeto, onde as decisões e escolhas do cliente têm seus impactos medidos pelo arquiteto na dimensão prática da realização da construção. A importância de se discutir a forma aliada à função é manter e até mesmo recuperar o sentido de realização do projeto. A arquitetura pode existir como exercício formal, mas, nessa condição, não é completa. Se considerado o seu papel cultural, o exercício meramente formal é nocivo.

## **Bibliografia**

ALEXANDER, C. The determination of components for an Indian village. In: JONES, J. C.; THORNLEY, D. G. (ed.) **Conference on design methods**. Oxford: Pergamon Press, 1963. p. 83-114, [1962]

ALEXANDER, C. **HIDECS 3**: Four computer programs for the hierarchical decomposition of systems which have an associated linear graph. Cambridge: School of Engineering - Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1963. 24 p., (Research Report R63-27) [1963]

ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. 9th. print. Cambridge: Harvard University Press, 1977. 216 p. [1964]

MOREIRA, D. C. **Os princípios da síntese da forma e a análise de projetos arquitetônicos**. Campinas, SP, 2007. 351 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

## **Listagem de Ilustrações**

Figura 1 – Função INFO. FONTE: equação matemática segundo a descrição de ALEXANDER, 1977.

Figura 2 – Estudo de caso: implantação; a rua de acesso tangencia o terreno na face oeste. FONTE: Desenho feito pelos autores a partir da documentação legal do projeto cedida pelo arquiteto entrevistado.

Figura 3 – Estudo de caso: perspectiva volumétrica da casa, reconstituída pelos autores. As sombras correspondem à insolação no período da manhã do solstício de verão. FONTE: os autores.

Figura 4 – Diagrama de Relações entre os Requisitos Funcionais. FONTE: os autores.

Figura 5 – Subsistemas de requisitos funcionais independentes que constituem o estudo de caso. FONTE: os autores.