



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
DEPARTAMENTO DE PROJETOS

Relatório Final de Atividades

**TÍTULO DO PROJETO DO ORIENTADOR:** APA – Arquitetura e Paisagem –  
Avaliação da Inserção Urbana no Meio Físico. CNPq - 2003 - 2010  
**Sub-Projeto do Aluno Roberto M. da Silveira Jr.:** Exemplos Significativos da  
Arquitetura Residencial para a Ocupação de Encostas em Florianópolis, SC. -  
Construtividade e Ambiente.  
Segunda Parte: Estrutura

NOME DO ALUNO: Roberto Martins da Silveira Junior

---

ASSINATURA

NOME DO PROFESSOR ORIENTADOR: Sonia Afonso

---

ASSINATURA

Florianópolis, Agosto de 2008.

## 1. Resumo:

A Ilha de Santa Catarina é objeto de estudo em quase todo o processo de aprendizagem no Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC, no entanto seu relevo, que possui grande predominância de terrenos acentuados, não é tratado com a importância devida, para se projetar de maneira adequada sobre as encostas. Além disso, freqüentemente os alunos de Arquitetura recebem os primeiros conhecimentos relativos às estruturas analisando uma peça estrutural isolada, um pilar ou uma viga sem considerar o conjunto de elementos que compõem todo o sistema.

Diante dessa deficiência, nossa pesquisa objetiva a descoberta de critérios e parâmetros que possam ser utilizados na elaboração de projetos permitindo uma ocupação de encostas mais adequada ao sítio físico em que se insere, sem comprometer a funcionalidade da edificação e a paisagem natural, esclarecendo e propondo saídas que melhorem essa ocupação.

A partir da revisão bibliográfica começamos a nos inteirar sobre a ocupação de encostas. Foi feita a leitura de todos os relatórios anteriores, da tese de doutorado e dissertação de mestrado da Professora Doutora Sonia Afonso, do livro sobre metodologia de Umberto Eco e de outras bibliografias relacionadas ao tema, tais como Silva e Souto parafraseados no texto a seguir: O ser humano constrói as estruturas a partir de materiais específicos e através de seu comportamento sugerem sua utilização. As plantas foram as primeiras inspiradoras do ser humano. Sob seus galhos, ele abrigava-se das intempéries e sobre eles defendia-se dos animais predadores. Seus galhos em balanço e engastados nos troncos podem, perfeitamente, resistir às cargas de considerável magnitude. Os troncos e galhos que deram origem às vigas e aos pilares.

Estudando as questões estruturais fica evidente a complexidade e importância do assunto, principalmente para a ocupação das encostas.

O estudo das estruturas deve ser fundamentado na teoria geral, tratando em conjunto a questão do espaço arquitetônico em seu contexto cultural, de construção e detalhamento como coisas indissociáveis.

Buscando o entendimento de todos os processos que envolvem o cálculo estrutural, nesse primeiro momento o estudo se ateve à teoria estrutural sob o ponto de vista do estudante de arquitetura das primeiras fases que se propõe a enfrentar a complexa temática de aplicar a teoria estrutural à ocupação de encostas.

Palavras-chave: Análise estrutural; arquitetura residencial unifamiliar; ocupação de encostas.

## 2. Introdução:

O crescimento, cada vez mais necessário, das cidades fez com que aos poucos a disponibilidade de terrenos planos para construção se tornasse escassa, encarecendo-os e muito. Ocupar as encostas tornou-se um meio de expandir a cidade com um custo menor devido ao valor mais baixo dos lotes. Isso pode ser facilmente observado no Morro da Cruz, onde o limite natural de contenção gerado pelo morro foi logo ultrapassado para que a expansão do centro ocorresse. Ocorrendo primeiramente a ocupação por parte de pessoas de baixa renda que encontraram no morro a saída para estar mais próximo ao centro da cidade sem pagar valores altíssimos.

A dificuldade maior em se estabelecer a cronologia da ocupação do Morro da Cruz deve-se ao fato que a cartografia existente anteriormente a 1944 não abrange todo o seu contorno, por estar fora do que era considerado perímetro urbano. Estudos mais confiáveis somente foram possíveis através das fotografias aéreas de 1938, 1956, 1966 e 1979 (AFONSO, 1992, p.73) e atualmente, apesar da cartografia digital, não existe uma boa cobertura do Morro disponível para consulta.

Com o objetivo de compreender as possibilidades de construção da Arquitetura Residencial implantada sobre encostas, nosso estudo buscará esclarecer a lógica dos projetos estruturais adotados, mesmo que nesse primeiro momento ainda seja necessário compreender questões básicas relacionadas às estruturas, para depois alcançar a complexidade da construção em terrenos onde tal construção é tão problemática.

### 2.1. Revisão Bibliográfica:

A revisão bibliográfica iniciou com leituras referentes à metodologia científica, servindo de preparação para o início da pesquisa, tendo em vista a inexperiência nesse assunto. Logo após houve o maior contato e familiarização com o tema.

Destacam-se as seguintes fontes:

**ECO**, Umberto. Como se Faz uma Tese. São Paulo. Perspectiva, 2001

É um guia prático que expõe de maneira objetiva os aspectos básicos de uma tese, ou pesquisa acadêmica. Demonstra que a parte mais importante em se fazer uma pesquisa é a oportunidade de um aprendizado tão amplo e que será útil por toda a vida acadêmica.

A escolha do tema deve ser algo pensando, não somente pela facilidade ou por afinidade, mas também pela possibilidade de acesso às informações necessárias para a pesquisa e estudo.

O tempo necessário para a realização da tese varia de não menos de seis meses e não mais de três anos.

Toda tese deve ter fundamento científico, constando todas as bibliografias, origens de citações.

**AFONSO**, Sonia. Urbanização de Encostas. A Ocupação do Morro da Cruz, Florianópolis-SC. Trabalho Programado 2. Estudo Geotécnico. Curso de

pós-graduação em arquitetura e urbanismo. Área de concentração estruturas ambientais urbanas. Nível de mestrado. São Paulo. FAUUSP. 1992.

Freqüentemente, na elaboração de projetos os arquitetos ignoram por completo as cartas topográficas. Este estudo tem por objetivo realçar a importância do estudo geotécnico como instrumento de projeto e como forma de auxílio à tomada de decisões.

A importância da preservação da vegetação das encostas, assim como da mata ciliar visando conter deslizamentos de terra, assoreamento e inundações são claramente demonstrados no texto.

**AFONSO**, Sonia. Urbanização de Encostas: Crises e Possibilidades. O Morro da Cruz como um Referencial de Projeto de Arquitetura da Paisagem. São Paulo. FAUUSP. Tese de Doutorado. 1999.

É um estudo mais amplo sobre a ocupação de encostas e vales em área urbana. Trata de temas mais abrangentes, como paisagem urbana e regional, porém, especialmente, busca soluções de ocupação de encostas baseadas em experiências em diversos lugares do mundo em diferentes épocas, aplicando estas idéias ao Morro da Cruz.

Apresenta soluções para vencer a inclinação evitando cortes e aterros, especialmente ao considerar a importância de se reservar as linhas de drenagem em áreas urbanas como potencialmente utilizáveis para a implantação de parques. Também define, com diversas referências bibliográficas, critérios para a abertura de ruas e a construção em terrenos com diferentes declividades em área urbana.

## 2.2 Justificativa:

Cada vez mais o crescimento das cidades obriga à busca por novos lotes para a construção, já que o esgotamento da disponibilidade de lotes planos e a especulação imobiliária em torno destes fez aumentar o interesse pela construção em encostas, devido ao custo menor e maior quantidade de terrenos vazios.

No entanto, a falta de experiência técnica para construção em encostas fez com que esta ocupação se tornasse muitas vezes dispendiosa e, na maioria dos casos perigosa, pois os meios construtivos adotados são os mesmos utilizados para a construção em lugares planos. Com isso há muita movimentação de terra com cortes e aterros exagerados, causando escorregamentos, quedas de muros de arrimo, degradação ambiental do entorno e da paisagem.

Mesmo profissionais formados em engenharia e arquitetura, que estão aptos para fazer um projeto, acabam por ignorar os cuidados necessários de um projeto em encosta, até por não receberem a formação adequada para lidar com este tipo de terreno. Faz-se necessária uma formação de profissionais capazes de ocupar a encosta de maneira responsável e consciente.

Com esta pesquisa esperamos atender a esta inópia quando se trata de construir nas encostas, mas com toda a fundamentação necessária, dentro de nossas limitações.

## **2.3 Objetivos:**

### **Geral:**

- I. Progredir na prática de análise de projetos residenciais para arquitetura em situações de sítio de difícil implantação.

### **Específicos:**

- I. Aprofundar o conhecimento sobre sistemas estruturais;
- II. Compreender a lógica construtiva e tipológica de edificações em encostas;
- III. Analisar as estruturas e os métodos construtivos utilizados nas residências modernistas, por serem bem adaptadas a realidade da construção em encostas;
- IV. Aprofundar a compreensão dos processos que culminam numa residência locada numa encosta;
- V. Estudar e analisar as estruturas, meios de construção, utilização do solo, conservação da vegetação aplicados em exemplos significativos.

## **3. Materiais e Métodos:**

Tendo o Morro da Cruz e o Morro da Lagoa da Conceição como exemplos acessíveis de ocupação de encostas, inicialmente foi realizada uma visita técnica a estes locais, onde tivemos a oportunidade de discutir e observar *in loco* os assuntos inicialmente lidos para as apresentações de seminários, que envolveram: os relatórios produzidos pelos bolsistas anteriores, teses de doutorado e mestrado da Dra. Professora Sonia Afonso, livros de metodologia científica e bibliografia específica sobre a ocupação de encostas. Juntamente com a apresentação dos seminários pudemos nos inteirar sobre o programa de geoprocessamento Arcview, com a ajuda da mestranda arquiteta Larissa Carvalho Trindade, membro do Grupo de Pesquisa APEU – Arquitetura, Paisagem e Espaços Urbanos, onde conseguimos nos familiarizar com esta ferramenta tão útil e necessária para a pesquisa.

Para este projeto específico serão utilizados os seguintes métodos e ferramentas:

Na etapa de revisão bibliográfica, além dos temas anteriormente mencionados serão estudados os sistemas construtivos usualmente empregados, especialmente observando exemplos de arquitetura em encostas, procurando estabelecer uma comparação entre as soluções adotadas.

Após a revisão bibliográfica ocorrerá a análise de uma residência: o levantamento fotográfico e cadastral, diagnóstico e estudo da legislação existente. A pesquisa se dará através de entrevistas e visita a campo, com a finalidade de se avaliar a adequação ao meio físico das residências estudadas. Pretende-se avaliar a relação rua x lote x casa na escala do pedestre, buscando compreender a interface do edifício com a cidade.

Serão preparadas análises projetuais que avaliem os seguintes elementos: a implantação e a solução estrutural utilizada, vinculadas à funcionalidade, ao conforto e a paisagem.

A partir das análises, será estabelecida comparação entre duas residências para levantamento de saídas construtivas mais acertadas e para proposta de modelo adequado a cada situação.

O estudo técnico das residências se dará através de análise das estruturas básicas componentes da construção (sondagem, fundações, pilares, vigas, lajes).

Para o estudo das residências serão necessárias além da bibliografia básica e da pesquisa via internet, visitas à residência escolhida.

Para a simulação gráfica e digital serão utilizados os softwares disponíveis no Grupo APEU e no ARQ (LabMicro e LabCon).

Com base nas informações obtidas será possível estabelecer critérios que sirvam como base para novos projetos em situações semelhantes.

Até presente momento, para a realização desta pesquisa encontram-se disponíveis: dois Micro-Computadores AMD, 1.99GHz, 480 MB de Ram, impressora HP DeskJet 840c, impressora HP Deskjet 3550, scanner HP ScanJet 5300C, dois notebooks Toshiba, 1.73GHz, 1526MB de Ram. Juntamente com os seguintes softwares: Sistema Operacional Windows XP Professional e Windows Vista, Aplicativos gráficos CorelDRAW 11 – CorelDRAW e Corel PHOTO-PAINT, Editor de Imagens Photoshop 7.0.1, Microsoft Office Word 2003, Microsoft Office Powerpoint 2003, Programa de geoprocessamento - ArcView GIS 3.2, Google Earth.

Também estão disponíveis: a biblioteca particular da orientadora Profa. Sonia Afonso, o LDA – Laboratório de Documentação e Acervo do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC e a Biblioteca Universitária. O departamento de Arquitetura e Urbanismo dispõe da infra-estrutura de laboratórios e grupos de pesquisa que podem dar apoio à pesquisa.

#### 4. Resultados Finais:

A ocupação das encostas dá-se não somente por pessoas de baixa renda, mas também por muitas residências de alto padrão como é o caso do Loteamento Morumbi que está implantado nos altos do Morro da Cruz.

O primeiro passo antes da concretização da compra de terreno deve ser o que envolve os trâmites legais, como por exemplo: a Lei de Parcelamento do Solo Urbano, o Código de Edificações, o Código Florestal e a Lei dos Terrenos da Marinha. Estas leis restringem o parcelamento do solo em declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas referentes a procedimentos de ocupação e construção, assim como institui que áreas de encosta com florestas ou demais tipos de vegetação em declividade igual ou superior a 100% são de preservação permanente. A vegetação das bordas de córregos, rios, lagoas, lagunas e mar também devem ser preservadas.

Contudo, essas edificações esbarram no grave problema da falta de conhecimento específico para este tipo de construção. Profissionais da área continuam querendo transformar esses lotes, com inclinações que chegam a 100%, em áreas planas, ignorando a riqueza e diversidade presente neste tipo de relevo natural. Essa prática causa muitas agressões ao meio onde está inserida, devido à instabilização causada por essa intervenção de corte e aterros, podendo causar escorregamentos de terra, rolamento de matacões ou afloramentos rochosos.

A sondagem do terreno é uma prática muitas vezes superficial mesmo sendo uma das etapas de maior importância antes de se iniciar a construção. Em um terreno em declive torna-se de suma importância essa análise, tendo em vista toda a problemática que envolve uma obra nestes locais. Dependendo do porte da obra ou de quão satisfatórias são as informações obtidas em levantamentos mais superficiais, outros tipos de pesquisas serão executados, por exemplo: poços exploratórios, ensaio de penetração contínua e ensaio de palheta. Características como número de pontos de sondagem, seu posicionamento no terreno (levando-se em conta a posição relativa do edifício) e a profundidade a ser atingida são determinados por profissional capacitado, baseado em normas brasileiras e na sua experiência (BRITO,1987).

Os dados obtidos através da sondagem demonstram as características e propriedades do local, com isso é possível fazer uma análise detalhada de quais são as melhores fundações e estruturas para o terreno em questão.

Segundo Moretti (1986), para a realização de um bom projeto há algumas informações mínimas relativas ao meio físico:

- I. Indicação de rochas que ocorrem no substrato rochoso;
- II. Indicação de espessuras e comportamentos dos diversos horizontes de solo encontrados na área do loteamento;
- III. Delimitação das áreas em que ocorrem solos moles caracterizando sua espessura e extensão;
- IV. Indicação das áreas onde ocorrem matacões ou afloramentos de rochas;
- V. Informação relacionada à vegetação;
- VI. Avaliação do comportamento das águas superficiais subterrâneas visando, por exemplo, prever e prevenir problemas de implantação das redes de infra-estrutura e instalações de fossas;

VII. Previsão de áreas potencialmente utilizáveis como jazidas para a execução dos aterros, proteção das áreas terraplanadas e tratamento primário se leito viário.

As fundações podem ser de dois tipos: diretas ou indiretas, dependendo de como ocorre à transferência de carga.

Fundações diretas transferem as cargas para camadas de solo capazes de suportá-las (FABIANI, s.d.), sem ocorrer deformações acentuadas. A transferência acontece na base da peça estrutural de fundação, sendo levado em conta apenas o contato da peça com o solo. As fundações diretas ainda se subdividem em rasas e profundas.

A fundação rasa se caracteriza quando a camada de suporte está próxima à superfície do solo, a até 2,5 m de profundidade (FABIANI, s.d.), ou quando a largura do elemento de fundação é maior que a cota do apoio. Como exemplo, citamos: blocos e alicerces, sapata corrida (Figura 01), sapata isolada, sapata associada, sapata alavancada e *radiers* (Figura 02). As profundas são as que possuem medidas maiores que as citadas anteriormente e são os tubulões (Figura 03.03), a céu aberto e ar comprimido.

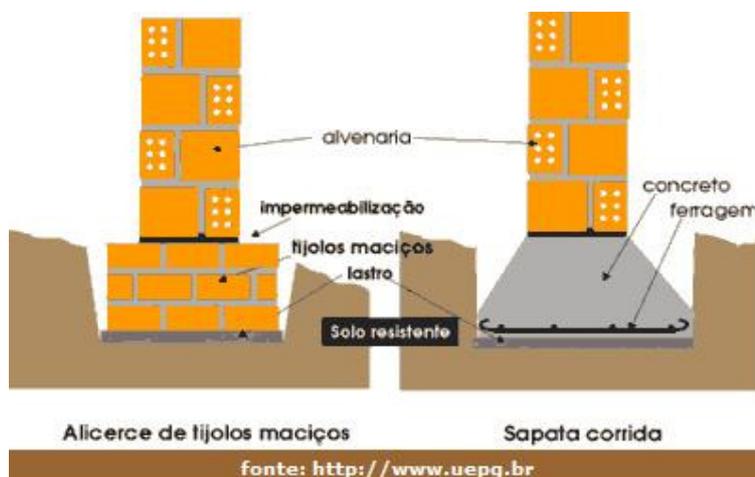


Fig. 01

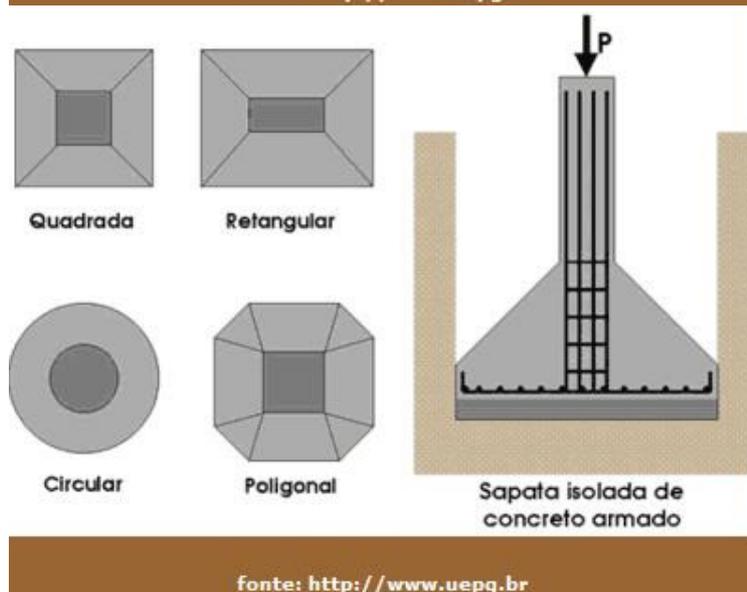


Fig. 02

Fundações indiretas transmitem as cargas por atrito lateral da peça estrutural com o solo, por esse motivo são sempre de grande profundidade. Exemplificando temos brocas, estacas de madeira, estacas de aço, estacas de

concreto pré-moldadas (Figura 03.01) e estacas de concreto moldadas *in loco*: Strauss (Figura 03.02), Franki (Figura 03.04), Raiz e Barrete/Estação).

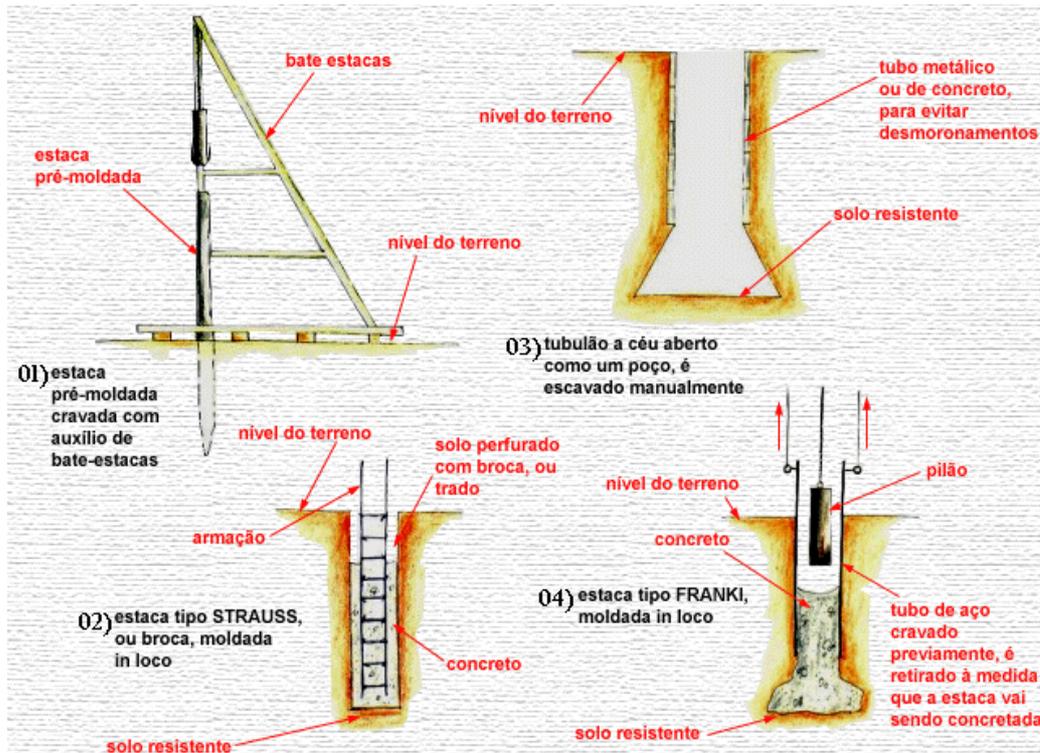


Fig. 03

Fonte: [www.edifiquie.arq.br](http://www.edifiquie.arq.br)

Para uma melhor compreensão das fundações e suas utilizações, segue tabela explicativa, onde se pode observar que não se faz menção à declividade do terreno. (Fonte: [www.revistatechne.com.br](http://www.revistatechne.com.br), 2008).

TIPO DE FUNDAÇÃO	CARGAS (peso do prédio, da ponte,	RESISTÊNCIA (tipo de solo, capacidade de
------------------	--------------------------------------	---

Após a realizada a análise do sítio de implantação, é preciso realizar os cálculos estruturais e optar pelas fundações mais adequadas ao projeto.

Através do projeto estrutural, as cargas gravitacionais, as forças externas e as tensões internas são mantidas sob controle e canalizadas ao longo de trajetos previstos; a intenção é mantê-los num sistema de ação e reação interdependente que dê o equilíbrio a cada componente individual, assim como ao sistema estrutural, ao todo. Através deste projeto, essas forças são impedidas de atingir uma concentração destrutiva e são mantidas sob controle. O projeto estrutural é estratégico, é o planejamento intelectual de um sistema dinâmico que luta com uma multiplicidade de forças.

Segundo Ricardo (1978), o cálculo de uma estrutura possui as seguintes fases:

- I. Definição do problema e concepção da estrutura com a qual queremos resolvê-lo. Definição da forma geométrica e dos materiais julgados mais convenientes para o caso. Nesta etapa pode-se fazer um dimensionamento preliminar a ser analisado ou apenas a escolha do tipo, como: ou treliça ou viga armada, ou viga contínua deixando-se maiores detalhes para um programa de computador. Esta é a fase que mais exige a capacidade intuitiva do projetista, pois ele precisa unir todos os seus conhecimentos para que os resultados sejam alcançados de maneira mais fácil, simples, econômica e conveniente a ser construída.
- II. Determinação das cargas que atuam na estrutura. Geralmente, tal determinação, para cada caso específico, é fixada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. É o caso das cargas de vento (NBR-6123) e da carga permanente (NBR-6120) nos prédios. Ela é dependente da geometria adotada para a estrutura.
- III. Determinação das condições críticas de carga e das tensões nas seções mais solicitadas da estrutura. Devem-se achar os diagramas de esforços normais e cortantes, momentos fletores e torções ao longo da estrutura, nas várias condições de carregamento. Esta é a fase mais estudada pelos livros e disciplinas que tratam sobre Teoria Estrutural, por que esta é a única etapa onde cabem análises, métodos e processos de cálculo. Determinação das tensões admissíveis, que na maioria dos casos é feita com uma consulta as normas ou manuais.

Nas estruturas arquitetônicas, empregam-se uma grande diversidade de materiais: pedra, blocos vazados, tijolo, madeira, aço, alumínio, concreto armado e protendido, plásticos, vidro, entre outros. Para Silva e Souto (2002) qualquer que seja a atuação das cargas, de forma permanente ou variável, a deformação da estrutura não deve aumentar de forma indefinida; além disso, deve desaparecer, uma vez cessada a ação das cargas, comportando-se de maneira elástica. (Figura 04).

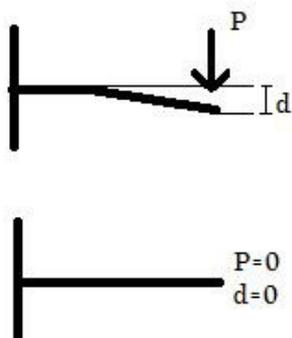


Fig. 04 Fonte: Autor.

A classificação das estruturas, por VASCONCELOS (1991), ocorre da seguinte maneira:

I. Estruturas constituídas de elementos unidimensionais ou barras:

a) Estruturas com uma só barra:

Reta: pilares, colunas, tirantes, vigas, estacas (Figura 03), chaminés;

Curva no plano: arcos, vigas curvas (Figura 05), molas planas, cabos;

Curva no espaço: vigas de escala helicoidal, molas no espaço.



Fig. 05

Fonte: [www.casaswebber.com.br](http://www.casaswebber.com.br), 2008.

b) Estruturas com várias barras:

c)

No plano: treliças, pórticos (Figura 06), quadros, grelhas;

No espaço: treliças, estruturas lamelares, estruturas de edifícios, cúpulas reticuladas, torres.

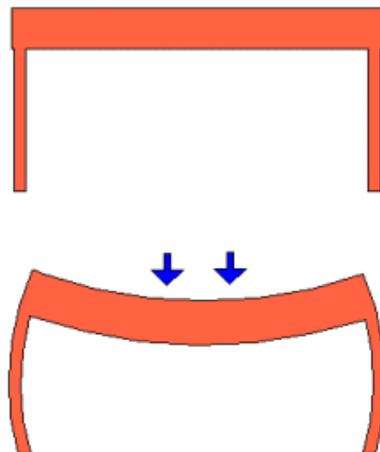


Fig. 06

Fonte: [www.fec.unicamp.br](http://www.fec.unicamp.br), 2008.

## II. Estruturas constituídas de elementos bidimensionais ou placas:

### a) Estruturas com uma só placa:

Plana: chapas (vigas-paredes, muros de arrimo de alvenaria, barragens de gravidade), lajes (rampas, marquises).

Curva ou reversa: cascas, cúpulas (escada helicoidal, espiral, barragens em arcos (Figura 07), tubos, rampas curvas).

### b) Estruturas com várias placas:

Planas unidas por arestas: tetos plissados, caixas-d'água, piscinas;

Curvas unidas por arestas: cúpulas nervuradas, cascas especiais.

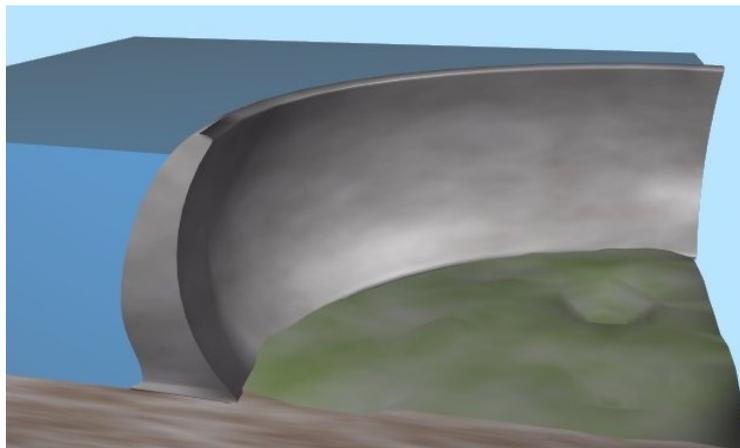


Fig. 07

Fonte: [www.fec.unicamp.br](http://www.fec.unicamp.br), 2008.

## III. Estruturas constituídas de elementos tridimensionais ou blocos:

### a) Estruturas com um só bloco:

Blocos de fundação: sapatas, tubulões (Figura 03.03).

### b) Estruturas com vários blocos:

Pirâmides, obeliscos, monumentos, muros de arrimo especiais, gabiões.

Entre as estruturas que são submetidas à tração estão os cabos.

Os cabos de aço por possuírem grande resistência à tração e à tração simples são elementos estruturais ideais para cobrir grandes vãos. Estes são flexíveis devido a sua pequena seção transversal em relação ao seu comprimento, a flexibilidade indica uma limitada resistência à flexão.

A denominação treliça plana deve-se ao fato de todos os elementos do conjunto pertencerem a um único plano. Combinando-se triângulos elementares obtêm-se reticulados capazes de cobrir grandes distâncias. A sua utilização na prática pode ser observada em pontes, viadutos, coberturas, guindastes e torres.

Segundo Souza e Souto (2002), treliças planas isostáticas – que são as que possuem o número necessário de vínculos para impedir o deslocamento da estrutura, bastando as equações fundamentais da estática para determinar as suas reações – podem ser de três categorias:

- I. Simples: formadas a partir de três barras ligadas em triângulo, juntando-se a estas duas novas barras para cada novo nó rotulado:
  - a) Treliça Howe;
  - b) Treliça Pratt ou N;
  - c) Treliça Warren (Figura 08);

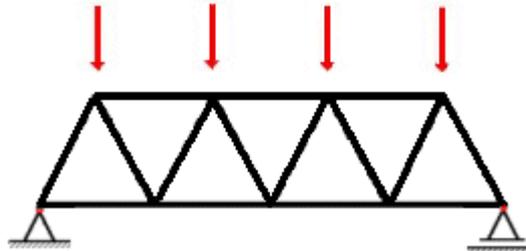


Fig. 08

Fonte: [www.fec.unicamp.br](http://www.fec.unicamp.br), 2008.

- II. Compostas: formadas pela ligação de duas ou mais treliças simples, por meio de rótulas ou barras birrotuladas;
- III. Complexas: treliças isostáticas que não obedecem às regras de formação de treliças simples e compostas.

Segundo Silva e Souto (2002), as vigas figuram entre os elementos estruturais de uso mais comum. Como a maioria das superfícies utilizadas são horizontais e a maior parte das cargas são verticais, as vigas são abundantemente usadas para transmitir essas cargas em direção horizontal. Outro fator que contribui para a utilização em larga escala desse elemento é a disponibilidade técnica e de mão-de-obra.

O mecanismo das vigas consiste na ação combinada de esforços de tração e compressão (flexão) no seu interior em conjunto com os esforços de cisalhamento. Ao ser solicitada por seu peso próprio e associada às cargas externas, tende a fletir, provocando o alongamento e o encurtamento de fibras distintas.

As tensões de flexão variam livremente desde um valor máximo de tração em um dos extremos até um valor máximo de compressão no outro extremo, passando pelo eixo neutro onde seu valor é nulo.

Outro efeito causado pela flexão é o cisalhamento. Uma vez que a direção das cargas e reação não se encontram, as forças externas fazem as fibras verticais tenderem ao deslizamento, introduzindo uma força cortante vertical que tende a cortar a viga nesse sentido.

Quanto ao material, o concreto é utilizado em larga escala, podendo ser combinado a armaduras longitudinais de aço dispostas na zona tracionada visto a resistência desse material a esse tipo de tensão, e o próprio concreto na zona comprimida. Para as tensões de cisalhamento utilizam-se armaduras transversais dispostas ao longo da viga, os estribos.

Podemos citar ainda a utilização de vigas de aço, que por sua elevada resistência e baixo peso próprio permitem a execução das mais variadas obras, além disso esse material permite a desmontagem e remontagem da edificação em outro local e ampliação e reforma da edificação, com o mínimo de interferência e transtornos na utilização normal do edifício.

Há ainda a utilização da madeira, difundida principalmente em projetos de pequena escala, visto a sua resistência natural, e a deterioração do material

submetido as mais variadas condições climáticas quando não foi dado o devido tratamento.

Segundo Ricardo (1978), as vigas classificam-se em simplesmente apoiadas, quando ambos os extremos estão apoiados, permitindo-se o movimento longitudinal. Quando a viga possui vários apoios temos uma viga contínua, adicionando novas características ao seu comportamento. As vigas engastadas são aquelas que não permitem o giro devido ao fato de seus extremos serem fixos. As vigas em balanço são caracterizadas pelo engastamento em uma extremidade e pela ausência de vínculo na outra.

Viga Gerber (Figura 09) é a viga que possui articulações ou rótulas de transmissão de esforços, utilizada amplamente para introduzir juntas de dilatação. Viga com mísulas, ocorre em vigas em balanço, onde as tensões de flexão são maiores junto a o apoio e nulas na extremidade, aumentando-se a sua seção na região de maior tensão.

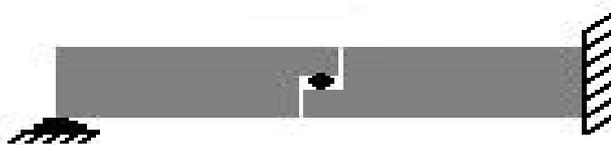


Fig. 09

Fonte: Autor

As aplicações da viga são vastas, principalmente quando da transferência de cargas verticais para a direção horizontal, de modo a adaptar-se e conformar o espaço.

Para Vasconcelos (1991), os pilares são elementos verticais das edificações, absorvendo na maioria das vezes as cargas das vigas e transmitindo-as às fundações. São fatores determinantes na formação das edificações de múltiplos pisos.

Os pilares constituem-se nos sistemas estruturais verticais e requerem continuidade para o transporte das cargas, necessitando da congruência dos pontos de agrupamento de carga para cada piso. A distribuição dos pontos coletores de carga deve ser determinada não apenas por considerações de eficiência estrutural, mas também pelas de utilização do pavimento. Portanto, os sistemas de absorção de cargas estão intimamente relacionados com a configuração e a organização do projeto arquitetônico.

Com a finalidade de proporcionar condições adequadas para uma planta flexível e boas possibilidades de reorganização posterior dos compartimentos individuais em cada planta, o projeto de sistemas estruturais verticais, isto é, o arranjo estrutural, tem como meta a maior redução possível dos pilares, tanto em seção como em número.

O projeto dos sistemas estruturais verticais pressupõe um conhecimento amplo, não só dos mecanismos de todos os sistemas estruturais, mas também, em razão da interdependência com a organização da planta e da integração com os equipamentos do edifício, um profundo desenvolvimento das correlações inerentes a quaisquer fatores determinantes de uma construção.

Os pilares podem apresentar as mais diversas formas, dependendo da criatividade do projetista, quadrangular, retangular, circular, em L.

Quanto ao material, utiliza-se em maior escala o pilar de concreto, aço e madeira, visto a característica de cada material.

Os pilares não se limitam a transmitir as cargas às fundações, mas também têm a função de resistir à ação do vento que provoca esforços horizontais na edificação. Em função das cargas verticais, funcionam à compressão simples e/ou à flexo-compressão, devendo ainda, ser analisadas: a resistência à compressão do material, a seção da peça e a carga.

Os pilares sujeitos à compressão simples são aqueles em que a carga aplicada, de forma axial, coincide com o centro de massa da seção transversal do pilar.

Quando não houver coincidência entre os centro de massa (pilar e carga), diz-se que o pilar está sujeito à flexo-compressão, ocorrendo na maioria dos casos.

Um pilar sob a ação de uma carga de compressão, em vez de limitar-se a diminuir seu comprimento, curva-se, flamba e ocasionalmente, com o aumento dos esforços, poderá quebrar.

De acordo com SANTOS (2000), o estudo das lajes é relevante por estas serem peça importante na execução da estrutura dos edifícios, estas possibilitam a diminuição dos custos com moradia o que permite que áreas sejam ocupadas por mais pessoas. E que além disso, a laje é a grande responsável pelo ritmo da obra. Por isso, de acordo com os objetivos, recursos e técnicas disponíveis, a empresa opta por determinado tipo de laje.

A laje é muito importante no projeto estrutural, pois é através dela que o esforço do vento é transmitido proporcionalmente para as vigas e pilares ou para as paredes de contraventamento. Qualquer tipo de laje pode ser utilizado sem inconvenientes estruturais, desde que seja assegurada a transmissão dos esforços de uma laje a outra de forma que o conjunto trabalhe como um diafragma rígido (MELHADO e AGOPYAN, 1995, p. 19).

Atualmente no mercado existem vários tipos de lajes, no entanto os projetos existentes não se especificam o tipo de laje mais adequado para a construção, deixando a cargo da empreiteira responsável pela obra essa decisão tendo em vista seus próprios procedimentos.

Grande parte dos custos de uma obra são destinados a parte estrutural, seja no caso da estrutura em concreto armado (pilar, laje e viga) ou em alvenaria estrutural (alvenaria, laje e viga). O gasto não é apenas com o concreto em si, mas também com a sua estrutura de apoio (escoramento). Neste caso a alvenaria estrutural apresenta vantagem por utilizar escoras somente nas lajes e vigas (SANTOS, 2000, p. 5).

Sendo assim, a escolha da laje correta e de uma empreiteira com experiência na fabricação desta acarreta uma maior velocidade de construção e economia, uma vez que diminuiria a chance de ocorrerem erros de execução.

Para Santos (2000) são utilizados vários tipos de lajes: maciça moldada no local, maciça pré-moldada, com vigotas pré-moldadas, maciça protendida, painel pré-moldado protendido alveolado, pré-lajes, em vigotas treliçadas, em

painéis treliçados e lajes mistas. As lajes são ligadas a outras e a estruturas de apoio por meio de vínculos (barras de aço, chapas, entre outros materiais).

Ainda segundo Santos (2000), durante a elaboração do projeto estrutural dois pontos devem receber cuidado especial. São eles, a ruptura dos materiais e o colapso das estruturas. A ruptura é o fenômeno de desagregação da matéria sólida sob a ação de solicitações mecânicas. O colapso ocorre quando a peça da estrutura deixa de atuar. Geralmente o fenômeno é provocado por choques que destroem parte da estrutura, e se a mesma não for calculada para resistir a esse tipo de sobrecarga levará a obra a ruína.

Para Barros e Melhado (1993), a forma de transmissão dos esforços as estruturas podem ser classificadas em: estruturas reticuladas, que transmitem os esforços por meio de elementos isolados tais como lajes, pilares e vigas ou pórticos; estruturas planas, nas quais a transmissão se processa por intermédio do plano de carregamentos, como é o caso das obras que possuem paredes maciças de concreto armado ou de alvenaria estrutural; e outras estruturas como cascas, espaciais, pneumáticas e boxes.

Santos (2000) define que a escolha do tipo de laje influencia na tipologia final da edificação em suas características particulares como o vínculo entre o dimensionamento espacial e a estrutura resistente, que termina na limitação dos vãos de laje, deste modo, pode-se determinar o tipo de laje a utilizar segundo a necessidade de vencer maiores vãos ou não.

Na alvenaria estrutural a laje é adotada baseada no layout das paredes, pois são estas que recebem os esforços e os retransmitem até a fundação garantindo assim a estabilidade do conjunto.

Este layout é determinado pela função a qual esta se destinam. Pode ser composto por sistema simples – onde as lajes apóiam-se nas paredes transversais, neste caso as lajes são armadas numa só direção; sistema celular – onde as lajes se apóiam em todos os bordos, logo são armadas nas duas direções; ou ainda o sistema complexo que é a combinação dos sistemas anteriores, com lajes armadas numa só direção e outras armadas nas duas direções.

Segundo sua forma de construção, as lajes são divididas em:

- I. Moldadas no local: lajes maciças, protendidas e nervuradas (com enchimento de bloco cerâmico, blocos de concreto, blocos de concreto celular ou mesmo de isopor – EPS, ou sem qualquer enchimento - utilizando para isso fôrmas apropriadas).
- II. Pré-moldadas: com vigotas de concreto armado (com blocos cerâmicos ou de concreto); pré-laje; protendida alveolar; pranchas de concreto pré-tensionadas; vigas com barras de aço ou cobertura de madeira; autoclavadas (aeradas ou com agregado leve); treliçadas; painéis mistos. A maioria das pré-moldadas recebe acabamento de concreto na própria obra para garantir que funcionem como diafragma rígido.

Segundo Di Pietro (anotações de aula de 22 de abril de 2008), para facilitar o bom desempenho das operações de execução de alvenarias e lajes, é conveniente que a espessura destas seja uniforme, num mesmo pavimento, e que se evite a execução de rebaixos nos trechos.

A fôrma é uma estrutura auxiliar, é uma instalação provisória que consome grandes recursos da atividade estrutural.

Geralmente responsável por grande parte dos desperdícios da construção, pois quando mal feita causa imperfeições na estrutura. Deve ter dimensionamento minucioso de todas as suas peças, por que um sistema de fôrma mal calculado pode levar a estrutura como um todo à ruína, por não atender as exigências de resistência e estabilidade. Deve ser estanque para evitar perda de água durante a concretagem. Possibilita o posicionamento da armadura, furos ou outros elementos, para o lançamento e adensamento do concreto e para garantir a segurança dos trabalhadores.

Com relação ao acabamento, as fôrmas devem ter texturas conforme as exigências de cada projeto, especialmente nas estruturas de concreto aparente, observando-se sempre que a aderência da fôrma/concreto deve ser a menor possível para facilitar a desforma (SANTOS, 2000, p. 22).

Podemos classificá-las quanto ao tipo de material:

- I. Madeira comum ou plastificada;
- II. Metálica;
- III. Fibra de Vidro;
- IV. Novos materiais: Resina plástica, cartões, fôrmas cilíndricas, fibra de madeira, neoprene (fôrmas infláveis), gesso;
- V. Alumínio.

E segundo o modelo de deslocamento entre pavimento:

- I. Deslizante: São chapas metálicas em forma de painéis verticais, utilizadas na execução de paredes maciças e contínuas. Exemplo: Caixa d'água e poços de elevadores;
- II. Voadora: São chapas e escoras metálicas em forma de mesas voadoras, com escoramento e fôrmas montadas de uma só vez, transportando por grua, utilizadas para fôrmas de lajes.

O escoramento pode ser em madeira, metálico ou misto, de acordo com a especificação do projetista, que deve sempre unir a necessidade da obra e o custo do material.

Segundo Batista (1998), quando o escoramento é o metálico deve-se tomar cuidado com o manuseio, transporte e armazenamento, bem como o desenho de cada peça e pessoal especializado com este tipo de escoramento.

Para Santos (2000), os vínculos da laje com os outros elementos estruturais podem ser:

- I. De apoio simples, onde as lajes são apoiadas diretamente sobre vigas ou paredes;
- II. Com engastes parciais dos bordos periféricos de uma laje de piso, onde, sobre eles, são levantadas paredes para execução do piso superior;
- III. Engastes perfeitos admitidos, no caso das lajes pré-moldadas, pela sua continuidade, isto é, duas lajes contíguas no mesmo nível.

Quando a parede apóia-se diretamente sobre a laje é necessário colocar vigotas extras(lado a lado) ou executar uma viga com a mesma espessura da laje (viga chata), sendo as vigotas dimensionadas para absorver estes esforços não deformando com a introdução de armadura auxiliar de compressão de capeamento.

A seguir apresentamos diferentes tipos de lajes e seus aspectos positivos e negativos levantados por Santos (2000).

### **Laje Nervurada (Figura 10):**

No sistema nervurado tem-se, além do alívio do peso próprio da estrutura, um aproveitamento mais eficiente dos materiais, aço e concreto.



Fig. 10

Fonte: [www.atex.com.br](http://www.atex.com.br), 2008.

#### **Positivos:**

- I. Vence grandes vãos pelo uso das nervuras;
- II. Flexibilidade de layout, pelas vigas chatas que dão mais mobilidade à estrutura como um todo.
- III. Sarrafos colocados em cima dos blocos servindo de mestras para formar a referência de nível horizontal.

#### **Negativos:**

- I. Blocos soltos na laje podem causar acidentes durante o deslocamento do pessoal pela laje, e também quando da concretagem leva ao estrangulamento de nervuras ou armaduras expostas;
- II. Eletroduto por cima dos blocos o que leva a redução do capeamento de concreto, comprometendo-o;
- III. Possibilidade de presença de dois tipos de blocos, o que dificulta a distribuição dos mesmos, tendo que ser separados por local de aplicação;
- IV. Superfícies curvas dificultam a conferência de prumo, nível e esquadro.

### **Laje Protendida (Figura 11):**



Fig. 11

Fonte: www.munte.com.br, 2008.

#### Positivos:

- I. Vence grandes vãos;
- II. Suporta cargas elevadas;
- III. Após a protensão podem ser feitas aberturas na laje;
- IV. Uso de fôrmas de alumínio que permite montagem rápida e com bom acabamento.
- V. Estruturas mais econômica devido ao emprego de aços de maior resistência;
- VI. Retirada antecipada do escoramento e das fôrmas;
- VII. A ausência de vigas oferece vantagens evidentes para execução da obra quanto à economia, tanto de material quanto de tempo.

#### Negativos:

- I. Necessidade de equipamento específico para aplicar a protensão das peças, como: macaco hidráulico, cunhas de travamento de cabos, serra diamantada para corte, mistura mecânica da nata de cimento e máquina para injeção da nata nas cordoalhas.
- II. Canteiro amplo;
- III. Acabamento externo da estrutura só pode ser executado após a protensão total.

#### Laje com vigota treliçada (Figura 13):



Fig. 13

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland

**Positivos:**

- I. Vence grandes vãos;
- II. Suporta cargas elevadas e pontuais;
- III. Uso de material inerte que diminui o consumo de concreto e torna a estrutura mais leve;
- IV. Montagem rápida com vigotas;
- V. Permite a integração entre as partes envolvidas por a treliça encontrar-se exposta quando da concretagem;
- VI. Rigor no controle de qualidade das peças;
- VII. Detalhamento com clareza de projeto, especificações das peças a utilizar e medidas cotadas.

**Negativos:**

- I. Dificuldade de nivelamento;
- II. Risco de acidente ao se pisar na laje, devido à possibilidade de quebra de blocos durante a concretagem;
- III. Possibilidade de ocorrer erro na colocação das caixas elétrica e hidráulica, dificultando a execução das atividades.

**Laje com painel treliçado (Figura 14):****Positivos:**

- I. Na execução da laje há segurança, por não existir riscos de queda de material durante a montagem;
- II. Montagem rápida dos painéis;
- III. Colocação de caixa elétrica sem quebras, pois as caixas ficavam muito baixas, após a concretagem quebrava-se embaixo da laje.



Fig. 14

Fonte: [www.dellealpi.com.br](http://www.dellealpi.com.br), 2008.

**Negativos:**

- I. A passagem da armadura positiva complementar pode ser dificultada pelo espaço limitado, prejudicando também os eletrodutos quando estes necessitavam passar por baixos das treliças;
- II. Os pontos onde são feitas as quebras para as caixas de ponto elétrico e de descidas sanitárias fragilizam a laje.

### Laje pré-moldada (Figura 15):



Fig. 15

Fonte: [www.protagonismojuvenil.org.br](http://www.protagonismojuvenil.org.br), 2008.

#### Positivos:

- I. Montagem rápida e eliminação do uso de fôrmas.

#### Negativos:

- I. O armazenamento tem de ser feito em terreno compactado para não deformar as peças;
- II. Estoque de um pavimento para promover a substituição de peças quando empenarem ou quebrarem;
- III. Necessidade de utilização de grua para deslocamento de peças, necessitando também de espaço em canteiro para o deslocamento deste equipamento.

### 5. Considerações Finais:

A economia nem sempre é uma exigência da Arquitetura. Alguns edifícios e casas são construídos com fins monumentais ou simbólicos, para enaltecer os proprietários aos olhos do público ou vencer valores espirituais (SILVA E SOUTO, 2002, p.68).

Na maior parte dos casos, o projetista estrutural faz estudos comparativos de custos e, de forma igual aos demais fatores, escolhe a estrutura mais econômica. Em uma residência contemporânea, outros custos técnicos, sobretudo os relativos a instalações (calefação, ar condicionado, eletricidade, instalações hidro-sanitárias), superam em muito o custo da estrutura, que em geral não representa mais do que 20% a 30% do custo total da obra.

Os fatores mais importantes no custo de uma estrutura são os materiais e a mão-de-obra. A esse respeito, hoje encontramos no mundo dois tipos básicos de economia. No primeiro, mais comum nos países desenvolvidos, os custos da mão-de-obra são maiores que o custo com materiais. Enquanto que nos países subdesenvolvidos ocorre o inverso.

Porém, outros motivos influem de maneira decisiva no custo, tais como: exigências impostas nas normas técnicas ( restrição a determinados materiais, imposições relativas a segurança, ao fogo), a conservação da estrutura, a rapidez da construção, as imposições políticas, o prazo de financiamento.

Enfim, o custo de uma obra se dá por vários fatores, os quais devem ser analisados com cuidado possibilitando o desenvolvimento de um método mais apropriado de construção.

Ainda segundo Silva e Souto (2002), a intuição deve fazer parte dos processos de criação de uma estrutura assim como o raciocínio matemático. A intuição deve dar vida às fórmulas matemáticas e as fórmulas, resultados precisos.

Na natureza, a estrutura nada mais é do que o resultado das possibilidades construtivas dos materiais, associadas a uma forma e a determinadas funções.

Uma construção pode existir sem pintura e sem plástica; porém, não pode existir sem estrutura que a sustente, sendo estrutura todo sistema capaz de transmitir cargas de um ponto a outro.

Quando captados os fundamentos das estruturas, dominam-se os pontos úteis da teoria das estruturas. Tendo isto, aplicar novas idéias e métodos aos projetos se tornará mais prazeroso.

Associar teoria à prática, realizando visitas a obras arquitetônicas significativas, para depois estudar seus aspectos construtivos, consultando seus autores e verificando especialmente seus sistemas estruturais serão de grande importância na continuidade desta pesquisa, no período 2008-2009.

## 6. Referências Bibliográficas:

---

ABRAHAM, Talita W. & AFONSO, Sonia. **Exemplos significativos da arquitetura residencial de Ocupação em Encostas**. PIBIC UFSC. Relatório. 2004.

AFONSO, Sonia. **Urbanização de Encostas: Crises e Possibilidades. O Morro da Cruz como um Referencial de Projeto de Arquitetura da Paisagem**. São Paulo. FAUUSP. Tese de Doutorado. 1999.

AFONSO, Sonia. **Urbanização de Encostas. A ocupação do Morro da Cruz. Florianópolis. SC** Dissertação de Mestrado. Orientada pelo Prof. Dr. José Cláudio Gomes. São Paulo. FAUUSP. 1992. 376p.

AFONSO, Sonia. **Urbanização de Encostas. A ocupação do Morro da Cruz. Florianópolis. SC Trabalho Programado 2. Estudo Geotécnico. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração Estruturas Ambientais Urbanas**. Nível de Mestrado. São Paulo. FAUUSP. 1992. 112 pp.

AFONSO, Sonia. **Site da Professora Doutora Sonia Afonso**. Disponível em [www.arq.ufsc.br](http://www.arq.ufsc.br). Acessado em 15/01/2002008.

BATISTA, A. M. **Fôrmas de madeira e cimbramento metálicos: reflexões sobre sua aplicação**. EBRAMEM, 6., 1998, Anais.... Florianópolis, 1998.

BARROS, M. M. S. B., MELHADO, S.B. **Produção de estruturas de concreto armado de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1993.

BONIN, Luis Carlos; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin. **Inovação Tecnológica na construção habitacional**. Coletânea Habitare Vol. 6. Porto Alegre, 2006.

BRITO, José Luis Wey de. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

**CÁLCULO ESTRUTURAL: Os softwares mais utilizados**. Téchné, São Paulo-SP, Ed. 73, p34, abril de 2003.

CUNHA, M.A. (Org.). **Ocupação de encostas**. São Paulo. IPT, 1991.

ECO, Umberto. **Como se Faz uma Tese**. São Paulo: Perspectiva, 2001

FABIANI, Breno. **Fundações**. S.d.

**IPIUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.** Plano Diretor Distrito Sede Florianópolis, 1988.

**IPIUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.** Plano Diretor de Florianópolis. Disponível em: <<http://www.ipuf.gov.br>>. Acesso em: 21/04/2008.

MELHADO, S. B., AGOPYAN, V. **O Conceito de Projeto na construção de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 1995.

MORRIS, A.E.J. **História de La Forma Urbana.** Barcelona. Editorial Gustavo Gili S.A. 1984. 477 pp.

MORETTI, Ricardo de Souza. **Loteamentos: Manual de Recomendações para a Elaboração de Projeto.** São Paulo: IPT, 1986

**PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS.** Disponível em: [www.pmf.sc.gov.br](http://www.pmf.sc.gov.br). Acesso em: 24/04/2008

PSCHEIDT, Marlon & AFONSO, Sonia. **Exemplos significativos da arquitetura residencial de Ocupação em Encostas – Diferentes Realidades de Florianópolis.** PIBIC UFSC. Relatório. 2006.

RICARDO, Otávio Gaspar de Sousa. **Teoria das Estruturas.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil: Ed. USP, 1978.

SANTOS, Débora de Góis. **Análise Construtiva dos Tipos de Lajes Utilizadas nos Sistemas Estruturais das Edificações de Florianópolis.** Florianópolis. UFSC. Nível de Mestrado. 2000.

SILVA, Daiçon Maciel da & SOUTO, André Kraemer. **Estruturas: Uma Abordagem Arquitetônica.** Porto Alegre: Editora Ritter dos Reis, 2002.

VALE DOS CRISTAIS. **Site do empreendimento imobiliário de alto padrão Vale dos Cristais.** Disponível em <http://www.valedoscristais.com.br>. Acessado em 11 de abril de 2008

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **Estruturas arquitetônicas: apreciação intuitiva das formas estruturais.** São Paulo: Studio Nobel, 1991.

VEIGA, Raquel F. & AFONSO, Sonia. **Exemplos significativos da arquitetura residencial em Florianópolis-SC.** PIBIC UFSC. Relatório, 2005.

VILLAÇA, Flávio. **Habitação e a Cidade. In: O que todo cidadão precisa saber sobre habitação.** São Paulo. Global Editora. 1986. pp. 38-55.

ZANLUCA, Izabela; AFONSO, Sonia. **Exemplos significativos da arquitetura residencial em Florianópolis, Construtividade e Ambiente.** PIBIC UFSC. Relatório. 2007