

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LAJES MACIÇAS,  
COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS E NERVURADAS**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA**

**SÉRGIO CASTELLO BRANCO NAPPI**



0.215.890-1

UFSC-BU

**FLORIANÓPOLIS - 1993**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LAJES MACIÇAS,  
COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS E NERVURADAS**

**SÉRGIO CASTELLO BRANCO NAPPI**

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE "MESTRE EM ENGENHARIA"**



---

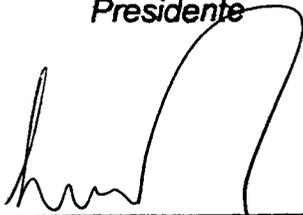
**Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.  
Coordenador da Pós-Graduação**

**BANCA EXAMINADORA:**



---

**Prof.<sup>a</sup> Ingeborg Sell, Dr. rer. nat.  
Presidente**



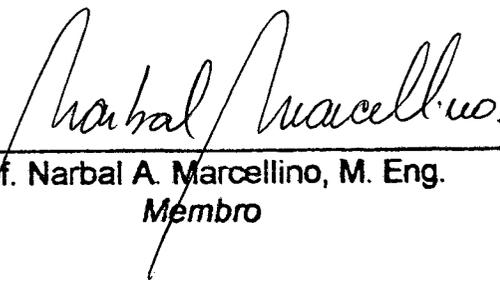
---

**Prof. Luiz Fernando M. Heineck, Ph. D.  
Membro**



---

**Prof.<sup>a</sup> Carolina Palermo Szücs, Ph. D.  
Membro**



---

**Prof. Narbal A. Marcellino, M. Eng.  
Membro**

Dedicado aos meus familiares e,  
em especial, à minha esposa  
Berenice e à minha filha  
Vanessa.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, em especial, a Professora Ingeborg Sell, por sua orientação e amizade e ao Professor Luiz Fernando M. Heineck pelas sugestões no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, particularmente do Núcleo de Tecnologia, na pessoa dos professores Fernando RuttKay Pereira, João Eduardo Di Pietro, Narbal Ataliba Marcellino e Wilson de Jesus da Cunha Silveira, pelo incentivo e disponibilidade constante no esclarecimento de dúvidas.

Aos acadêmicos Maurício Luiz Melo e Susan Lee Gorham pela dedicação e capricho na elaboração dos desenhos.

Enfim, a todas as demais pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a elaboração deste trabalho.

# SUMÁRIO

**LISTA DE FIGURAS**  
**LISTA DE TABELAS**  
**RESUMO**  
**ABSTRACT**

## **1 - INTRODUÇÃO**

1.1 Considerações gerais .....	1
1.2 Objetivos .....	1
1.3 Etapas e estrutura do trabalho .....	2
1.4 Limitações .....	2

## **PARTE 1 - A EDIFICAÇÃO E SUAS LAJES**

### **2 - CONSTRUÇÃO CIVIL**

2.1 Aspectos gerais .....	5
2.2 Edificações .....	7

### **3 - ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

3.1 Generalidades .....	9
3.2 Sistema estrutural .....	10

### **4 - LAJES**

4.1 Um breve histórico .....	14
4.2 Classificação das lajes .....	16
4.3 Lajes maciças .....	18
4.4 Lajes nervuradas .....	19
4.5 Lajes com vigotes pré-moldados .....	21

### **5 - MATERIAIS UTILIZADOS NAS LAJES**

5.1 Aço .....	23
5.2 Concreto .....	26
5.3 Madeira .....	30
5.4 Material inerte .....	30

## **6 - TÉCNICA DE EXECUÇÃO DAS LAJES**

6.1 Fôrmas .....	32
6.2 Armadura .....	34
6.3 Concretagem .....	34
6.4 Cura .....	37
6.5 Sequência de atividades .....	37

## **PARTE 2 - ESTUDO COMPARATIVO DAS LAJES**

### **7 - PROJETOS MODELO**

7.1 Projeto arquitetônico .....	40
7.2 Características específicas dos projetos .....	42
7.3 Projeto estrutural .....	44

### **8 - CARGAS**

8.1 Cargas gerais .....	49
8.1.1 Peso das paredes de tijolos furados .....	49
8.1.2 Peso das paredes de elementos vazados .....	51
8.1.3 Peso dos revestimentos .....	51
8.2 Peso próprio das lajes .....	52
8.2.1 Laje com vigotes pré-moldados .....	52
8.2.2 Laje maciça .....	54
8.2.3 Lajes nervuradas .....	55
8.3 Carga acidental .....	57
8.4 Carga total .....	57

### **9 - DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA E CONSUMO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DAS VIGAS E LAJES**

9.1 Cálculo e dimensionamento das lajes .....	59
9.2 Cálculo e dimensionamento das vigas .....	61
9.2.1 Composição das cargas nas vigas .....	63
9.2.2 Pré-dimensionamento de vigas para lajes com vigotes pré-moldados e maciça .....	65
9.3 Cargas nos pilares .....	66

## **10 - CUSTOS DE EXECUÇÃO DE LAJES E VIGAS**

10.1 Custo da laje com vigotes pré-moldados .....	68
10.2 Custo da laje maciça .....	70
10.3 Custo da laje nervurada com poliestireno expandido .....	71
10.4 Custo da laje nervurada com concreto celular .....	72
10.5 Custo da laje nervurada com blocos cerâmicos .....	73
10.6 Resumo dos custos das lajes .....	74
10.7 Reutilização dos materiais das fôrmas .....	74

## **11 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

11.1 Lajes com vigotes pré-moldados .....	76
11.2 Lajes maciças .....	77
11.3 Lajes nervuradas .....	78
11.4 Complementações do trabalho.....	78

## **12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....**

80

## **13 - BIBLIOGRAFIA .....**

84

## **14 - APÊNDICES**

A.Cargas nas vigas .....	A-1
B.Programa de quantitativos .....	B-1

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Origem dos problemas patológicos nas edificações, segundo Monteau.....	08
<b>Figura 4.1</b> - Aspecto da laje maciça .....	18
<b>Figura 4.2</b> - Laje nervurada com blocos de poliestireno expandido .....	20
<b>Figura 4.3</b> - Laje nervurada com blocos de concreto celular autoclavado.....	21
<b>Figura 4.4</b> - Laje nervurada com blocos cerâmicos .....	22
<b>Figura 4.5</b> - Laje com vigotes pré-moldados de concreto .....	22
<b>Figura 7.1</b> - Planta baixa do Projeto Pequeno .....	41
<b>Figura 7.2</b> - Planta baixa do Projeto Médio .....	42
<b>Figura 7.3</b> - Planta baixa do Projeto Grande .....	41
<b>Figura 7.4</b> - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados para o Projeto Pequeno .....	45
<b>Figura 7.5</b> - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados para o Projeto Médio .....	46
<b>Figura 7.6</b> - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados para o Projeto Grande .....	46
<b>Figura 7.7</b> - Esquema estrutural para lajes nervuradas para o Projeto Pequeno .....	47
<b>Figura 7.8</b> - Esquema estrutural para lajes nervuradas para o Projeto Médio .....	48
<b>Figura 7.9</b> - Esquema estrutural para lajes nervuradas para o Projeto Grande .....	48
<b>Figura 8.1</b> - Dimensões dos elementos das lajes com vigotes pré-moldados, em centímetros .....	53
<b>Figura 8.2</b> - Dimensões do material inerte das lajes nervuradas .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Pesquisa sobre os tipos de lajes nas obras, em alguns bairros de Florianópolis	17
Tabela 4.2 - Resumo dos tipos de lajes nas obras em Florianópolis	17
Tabela 5.1 - Características das telas soldadas	25
Tabela 5.2 - Conversão de JP e BWG para milímetros	26
Tabela 5.3 - Classificação do cimento portland	28
Tabela 7.1 - Características espaciais dos projetos modelo	43
Tabela 7.2 - Densidade de paredes dos projetos modelo	43
Tabela 7.3 - Relação entre áreas das paredes e das esquadrias	44
Tabela 8.1 - Valor das cargas para os três tipos de lajes nervuradas	56
Tabela 8.2 - Cargas totais nas lajes	58
Tabela 9.1 - Consumo de armadura por tipo de laje e projeto arquitetônico	61
Tabela 9.2 - Volume de concreto e área das fôrmas para as lajes	62
Tabela 9.3 - Peso da armadura para as vigas	63
Tabela 9.4 - Volume de concreto e área das fôrmas para as vigas	64
Tabela 9.5 - Quantidade de tramos analisados para a composição das cargas nas vigas	64
Tabela 9.6 - Formação percentual da carga nas vigas segundo o tipo de carga	65
Tabela 9.7 - Elementos para pré-dimensionamento de vigas para lajes com vigotes pré-moldados e maciça	66
Tabela 9.8 - Resumo da cargas nos pilares	67
Tabela 10.1 - Custos para a execução das lajes com vigotes pré-moldados	69
Tabela 10.2 - Custos para a execução da laje maciça	70
Tabela 10.3 - Custos para a execução da laje nervurada com poliestireno expandido	71
Tabela 10.4 - Custos para a execução da laje nervurada com concreto celular	72
Tabela 10.5 - Custos para a execução da laje nervurada com blocos cerâmicos	73
Tabela 10.6 - Resumo dos custos das lajes	74
Tabela 10.7 - Custo das fôrmas com reutilização da madeira	75
Tabela 10.8 - Custo das lajes com reutilização das fôrmas	75

## RESUMO

Na elaboração de projetos arquitetônicos, particularmente das edificações, engenheiros e arquitetos defrontam-se com diversas alternativas que dizem respeito à escolha do tipo de laje. Constitue-se pois, numa importante decisão, que poderá representar sensíveis resultados no custo e qualidade da edificação.

Neste trabalho, faz-se uma análise comparativa entre cinco tipos de lajes: lajes com vigotes pré-moldados, maciça, nervurada com blocos de poliestireno expandido, nervurada com blocos de concreto celular autoclavado e nervurada com blocos cerâmicos. Utilizam-se três modelos de projeto arquitetônico de edificações de dois pavimentos com estrutura de concreto revestido, empregando-se fôrmas e cimbramento de madeira.

Inicialmente apresenta-se um conteúdo referente à execução destes componentes construtivos, efetuando-se, a seguir, o dimensionamento tanto das lajes como de suas vigas de sustentação. Posteriormente, realiza-se uma comparação entre estes elementos, verificando-se a composição das cargas nas vigas, a carga total da estrutura e o consumo dos principais materiais utilizados. Finalmente, mostra-se a composição dos custos para cada tipo de laje estudado com base nos preços dos materiais e da mão-de-obra praticados na região da Grande Florianópolis. .

## ABSTRACT

In building design, engineers and architects have several options with respect to the choice of the slab types. This choice assumes an important decision, which decisively influences the final building costs and quality.

In the present work, an analysis of five slab types: joist-block floor system, concrete slab, beam-brick floor system, beam-lightweighth concrete floor system and beam-expanded poliestyrene floor system using three different architecture design models of two floor housing is made. In the structure, made of plastered concrete, wood mould and formwork are used.

Initially of this study a theoretical background of building systems is presented. Afterwards, a structural design is done not only for the slabs but also for the supporting beams. A comparison of these elements, verifying the load composition in the slabs, the total load in the structure and the consumption of the main materials is developed. Finally, the costs composition for each slab type, based on the materials and labor costs, currently practiced in Florianópolis, are shown.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações iniciais

A construção civil, um dos grandes setores da economia, exige pela sua importância dentro da realidade social do país, principalmente em relação ao déficit habitacional, uma preocupação cada vez maior dos pesquisadores.

Apesar do desenvolvimento tecnológico ser constante, a forma de execução de grande parte das construções, especialmente as unifamiliares, não tem acompanhado, num mesmo ritmo estes avanços, ainda utilizando métodos muito antigos, em várias etapas do seu processo construtivo. Normalmente, os estudos tem se voltado mais a aspectos inovadores, com pouca ênfase nos processos convencionais. No entanto, a execução de edifícios continua, embora persistam algumas dúvidas quanto ao uso de determinados elementos na construção.

Um desses problemas está localizado na etapa da estrutura do edifício, onde o projetista ou proprietário, na inexistência de informações mais precisas, escolhe um tipo de laje para a sua construção que pode não ser a mais indicada para as suas reais necessidades.

A ausência de subsídios que pudessem formar critérios de seleção para as várias alternativas disponíveis é o ponto fundamental deste problema. Em diversas ocasiões, a escolha é baseada na informação de amigos, fabricantes ou até mesmo de profissionais do setor, que justificam a sua indicação através de parâmetros, por vezes, errôneos ou incompletos.

Cada tipo de laje tem suas potencialidades e limitações. No entanto, é importante conhecê-las para que a escolha recaia naquela que poderá atender melhor às exigências do usuário.

### 1.2 Objetivos

Este trabalho propõe-se a esclarecer melhor algumas alternativas construtivas existentes, dentre as mais utilizadas na Região da Grande-Florianópolis, através da indicação de critérios técnicos para os materiais e serviços a serem utilizados que poderão ser úteis para

garantir a qualidade da execução das respectivas lajes e parâmetros econômicos para a seleção da alternativa mais apropriada na escolha do tipo de laje, em função da edificação a ser construída.

Salienta-se, que embora o principal elemento a ser avaliado seja a laje em si, nestes estudos incluem-se também as vigas, elemento estrutural que lhe dá sustentação, uma vez que o seu dimensionamento, e por conseqüência, o custo de sua execução, depende do tipo de laje a ser utilizado.

### **1.3 Etapas e estrutura do Trabalho**

O desenvolvimento deste estudo está dividido em duas partes principais. Na primeira, apresenta-se elementos que possibilitam uma melhor compreensão do assunto, tendo como base a bibliografia específica e experiências pessoais. Inicialmente introduz-se o assunto, partindo-se de uma visão geral do problema até se chegar às lajes em particular. A abordagem é bastante simples, atendo-se aos seus aspectos principais. Este conteúdo encontra-se nos **Capítulos 2, 3 e 4**. Nos **Capítulos 5 e 6**, a análise é mais prática, ressaltando-se os aspectos construtivos, referentes aos materiais utilizados nas lajes em estudo e as técnicas de sua execução.

A segunda parte deste trabalho, refere-se especificamente a um estudo de caso. Nos **Capítulos 7 e 8**, através da utilização de três de projetos arquitetônicos é efetuado o cálculo e dimensionamento dos diferentes tipos de lajes. Estes projetos referem-se a edificações residenciais com dois pavimentos. No **Capítulo 9**, faz-se uma comparação dos resultados obtidos, com sua respectiva análise. Finalmente, no **Capítulo 10** efetua-se a composição dos custos, baseada em pesquisa local de preços, onde se pode verificar as reais diferenças entre os diferentes tipos de lajes estudados.

Como complementação, são apresentados anexos com alguns resultados dos cálculos e um programa de computador que fornece, a partir dos elementos de projeto e características dos insumos a serem utilizados, os quantitativos de materiais e serviços, em função do tipo de laje que está sendo solicitado.

### **1.4 Limitações**

O estudo comparativo a ser apresentado, refere-se a três modelos de projeto arquitetônico de edificações unifamiliares de dois pavimentos, que apesar de serem representativos, não reproduzem, na totalidade, qualquer outro tipo específico de projeto.

Sendo assim, os valores resultantes deste estudo não devem ser interpretados como média geral para todos os tipos de edificações e sim, como parâmetro de análise para uma possível decisão.

Não se fará análise dos critérios das normas referentes ao cálculo estrutural, limitando-se apenas à sua utilização, de acordo com o seu uso normal, por parte dos calculistas.

Nestes estudos, supõe-se que a estrutura utilizará fôrmas e escoramento de madeira, por serem as mais utilizadas nos tipos de edificações em estudo, excluindo-se, conseqüentemente, o sistema de fôrmas racionalizadas.

Também, os preços dos materiais e mão-de-obra foram coletados na Região da Grande Florianópolis, podendo então, ter variações em relação a outros locais.

## **PARTE 1**

# **A EDIFICAÇÃO E SUAS LAJES**

## CAPÍTULO 2

### CONSTRUÇÃO CIVIL

#### 2.1 Aspectos Gerais

Pode-se afirmar que a Construção civil tenha surgido desde o momento que ao homem não eram suficientes as grutas e cavernas que ocupava, sem qualquer modificação, para se proteger contra os perigos e as intempéries.

Desde aquela época, a construção civil tem evoluído, com a elevação de paredes das casas com adobe (tijolos de barro cozidos ao sol) passando pelos dólmens, esfinges, templos, aquedutos, anfiteatros, termas do Império Romano. E assim continuou, quando passou do estilo romântico com suas pesadas formas construtivas até a leveza das construções góticas, com grandes aberturas, nas quais predominava a vertical. As novas soluções construtivas surgidas no fim do século XVIII, com a grande indústria empregando o aço nas estruturas e coberturas, foram significativas inovações. Outro marco nesta evolução, foi em 1855 com o surgimento do concreto armado. A pré-fabricação e a utilização dos polímeros, por volta de 1950, representaram, também, grandes avanços do setor.

Atualmente, com a modernização das técnicas operacionais, a utilização de máquinas e equipamentos mais sofisticados, a maior profissionalização e as inovações que a informática vem proporcionando, tem favorecido a ocorrência de mudanças substanciais na construção civil.

MASCARÓ (1981) afirma:

*"Trata-se de um dos ramos industriais de menor concentração de capital. Sua atividade consiste na união "in loco" de uma grande quantidade de materiais e componentes de distintas origens e que, como é lógico, exige a utilização intensiva de mão-de-obra, gerando grande número de especializações e ofícios de baixo nível tecnológico, se comparados às operações de montagem da indústria manufatureira".*

Tal afirmação justifica-se pelo fato da construção civil ser a primeira atividade de uma grande maioria de trabalhadores do campo. Não há necessidade de um nível de

instrução, pois as tarefas, neste início, são bastante simples, utilizando-se apenas a força braçal, e tendo, como consequência, uma remuneração muito reduzida.

Esta realidade torna a construção civil no Brasil, hoje, como pertencente a um setor muito heterogêneo, possuindo em alguns locais uma tecnologia muito avançada, com equipamentos sofisticados, instrumentos de alta precisão, computadores, etc, enquanto que em outros, o processo é meramente artesanal. Como exemplo, de um lado tem-se a execução de um shopping subterrâneo sem a demolição do prédio original, no qual se mantiveram suas atividades normais, através de fundações especiais para sustentação provisória do edifício, com monitoração a laser e o uso de células fotoelétricas (PALERMO, 1989), contrastando com outro em que se constrói uma habitação com a utilização do solo do próprio terreno misturado com uma pequena quantidade de cimento, num processo bastante simples (NEVES, 1988).

Mas, de uma maneira geral,

*"A indústria da construção civil no Brasil, em seu sub-setor edificações, apresenta, em relação a outros setores industriais, uma série de características que apontam para um atraso tecnológico no setor.*

*A grande maioria das tecnologias utilizadas na construção, constitui-se de processos e produtos convencionais, observando-se em algumas regiões do país a utilização de processos racionalizados e semi-industrializados"* (SOUZA, 1988).

Outra característica do setor é o desperdício de materiais no processo construtivo, cuja estimativa está em torno de 30%. Em entrevista prestada à rede Globo de televisão, em 23/10/92, o presidente da Associação Brasileira de Empresas de Concretagem - ABESC, Denis Duckworth, afirma que o não cumprimento das normas NBR-12654 e NBR-12655, que versam sobre o controle do concreto na obra, geram um prejuízo anual ao país da ordem de 5 bilhões de dólares.

As pesquisas existentes, num número cada vez maior, mas ainda longe da real necessidade, têm-se voltado, na sua grande maioria, para aspectos inovadores, se comparadas com aquelas que tem a preocupação em racionalizar ou otimizar os processos existentes.

Algumas experiências têm sido feitas, nas quais pode-se destacar a realizada pela Método Engenharia, do Estado de São Paulo, considerada como empresa de grande porte no setor de edificações. Baseada nos conceitos trazidos da indústria e numa filosofia de administração que valoriza a participação coletiva, promoveu uma série de modificações no seu sistema produtivo. O objetivo principal era o de reduzir a alta rotatividade de operários, que tem sido prejudicial à empresa e, numa escala maior, ao próprio setor.

Esta rotatividade evita o aprimoramento da mão-de-obra, impede o desenvolvimento da capacitação profissional e entrava o crescimento social do operário. Como resultado final, gera uma má qualidade do produto final, a edificação.

Como resultado e, em função de uma maior responsabilidade assumida pelo trabalhador, de um salário melhor e de um maior tempo no emprego, obteve-se a redução da rotatividade de 17% para 4% ao mês.

SOUZA (1990), afirma:

*"Três vertentes básicas têm sido privilegiadas num esforço de atualização da indústria da construção civil: a melhoria da qualidade dos produtos finais, a modernização tecnológica via racionalização dos processos e o desenvolvimento de inovações tecnológicas".*

## 2.2 Edificações

Na produção de uma edificação, onde não há necessidade de comercialização, existem três etapas distintas:

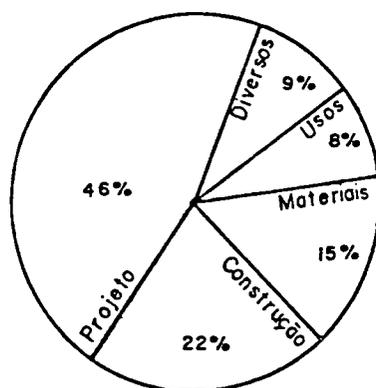
- 1 - planejamento e projeto;
- 2 - construção;
- 3 - uso e manutenção.

A primeira etapa, de grande importância no processo, é momento em que todos os pré-requisitos se apresentam para que, de forma harmônica, possam ser trabalhados e transformados no "futuro" produto final. Estes pré-requisitos são oriundos das exigências do usuário, que variam de acordo com o tipo de edificação. SOUZA (1988), os divide em quatro grupos:

- exigências de segurança;
- exigências de habitabilidade;
- exigências de durabilidade;
- exigências de economia.

Esta fase, de planejamento e projeto, pode ser considerada como muito curta, se comparada com a vida útil do edifício. No entanto, proporciona quase a metade dos problemas patológicos da edificação. A Figura 2.1 apresenta a origem desses defeitos nos edifícios, segundo Motteau, citado por BONIN (1988).

Fundamenta-se assim toda a preocupação, deste trabalho, em concentrar esforços no sentido de melhorar os conhecimentos daqueles que estão ligados, direta ou indiretamente, a esta fase do processo produtivo.



**Figura 2.1 - Origem dos problemas patológicos nas edificações, segundo Monteau (BONIN, 1988)**

A fase de construção, onde se concentra a maior inversão de capital no processo, também pode ser dividida em três grandes elementos:

- a) a estrutura;
- b) as vedações;
- c) os acabamentos.

A estrutura é caracterizada pelos elementos resistentes que se apresentam sob três categorias principais:

- 1 - materiais naturais;
- 2 - materiais industrializados;
- 3 - materiais manufaturados.

Dentre os materiais naturais encontram-se as pedras e a madeira. O aço, alumínio e o plástico estão incluídos nos materiais industrializados. Finalmente, o concreto estrutural se apresenta como o principal elemento entre os materiais manufaturados.

*"As estruturas de concreto armado tiveram, mormente no Brasil, uma aceitação muito maior que os outros tipos de estrutura, basicamente por questões de ordem econômica. Enquanto as estruturas de madeira e pedra têm limitações devido ao próprio material, e as estruturas industrializadas tinham limitações devido à falta de material adequado e mão-de-obra especializada para a sua execução, o concreto apresenta custo relativamente baixo e não requer mão-de-obra especial."* (SEARBY, 1986)

## CAPÍTULO 3

### ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

#### 3.1 Generalidades

Atualmente, ao se iniciar a concepção de um projeto arquitetônico, os projetistas confrontam-se com uma série de opções estruturais que, ao mesmo tempo que enriquecem o seu poder de criação, são potencialmente indutoras de equívocos, se não forem bem dominadas.

Em épocas anteriores, a limitação destas opções direcionavam a projetos típicos, sem muitas diferenciações, em função dos materiais e da tecnologia existentes. Hoje não se pode dizer a mesma coisa. Aparentemente não existe limite à concepção. O atual estágio tecnológico permite o desenvolvimento de sistemas estruturais complexos, tornando possível a mais estranha das idéias.

Cabe principalmente ao projetista, normalmente um arquiteto, uma busca incessante das inovações tecnológicas, com o objetivo de estar constantemente em sintonia com o desenvolvimento do setor.

Nervi, citado em MARCELLINO (1991) afirma:

*"A aparência externa de uma edificação não deve, e não pode ser nada mais que a expressão visível de uma eficiência estrutural ou uma realidade construtiva".*

Diante de tal situação, a estrutura passa a não ser mais fator totalmente limitante de um projeto arquitetônico, mas também não pode ser simplesmente incorporada a uma situação existente. Deve sim, ser um elemento que interligue todos os requisitos de um projeto, quer sejam conceituais, espaciais, ou até mesmo, estruturais.

Estes requisitos englobam vários aspectos que devem ser considerados num projeto: o usuário, o meio ambiente, a cidade, a tecnologia local, os materiais disponíveis, etc., os quais têm o seu grau de importância dentro do contexto global. O sistema estrutural, em função das alternativas que se apresentam, assume importância fundamental.

A determinação antecipada de um sistema estrutural, compatível com as demais necessidades, proporcionará facilidades e eficiência no desenvolvimento do projeto. Também,

com certeza, na execução da obra e sua posterior utilização e manutenção, resultará em vantagens significativas.

Dentro deste contexto quem deveria conceber o sistema estrutural é o arquiteto, assistido no momento oportuno pelo especialista em estruturas. Conseqüentemente, se não pode conhecer em profundidade o assunto, necessita de uma visão completa do seu funcionamento, caso contrário seu projeto poderá sofrer alterações, na fase do cálculo estrutural, com prejuízos estéticos e/ou funcionais.

Tal fato pode tornar-se ainda mais preocupante, a partir do sistema de formação do arquiteto, onde existe uma tendência em reduzir-se os conteúdos das disciplinas que, direta ou indiretamente, estejam relacionadas com este tema.

Em alguns países, o curso de Arquitetura é quase que uma especialização do curso de Engenharia Civil, possuindo o arquiteto toda um repertório de conceitos e abstrações que o possibilitam a uma concepção estrutural, concomitante com a própria definição dos espaços.

Sendo assim, o desconhecimento das características dos materiais ou a inexistência e/ou incorreção de estudos neste campo, podem levar o projetista a enganos que, na grande maioria das vezes, resultará em prejuízos significativos a todo o projeto arquitetônico.

### **3.2 Sistema Estrutural**

A estrutura de um edifício é composta por diferentes tipos de elementos estruturais, que têm como função principal suportar as cargas a que está sujeita a edificação. Para o seu cálculo, inicialmente, deve ser considerada a NBR-8681/84 (ABNT, 1984) que fixa as condições exigíveis na verificação da segurança das estruturas e estabelece as definições e critérios de quantificação das ações e das resistências a considerar no projeto das estruturas de edificações.

Quanto as cargas, a norma brasileira, NBR-6120/80 (ABNT, 1980), classifica-as em permanentes (g) e acidentais (q). As cargas permanentes são constituídas pelo peso próprio da estrutura, pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes. As cargas acidentais são aquelas que podem atuar sobre as estruturas de edificações em função do seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos, etc.). Esta classificação é complementada pela NBR-6118/82 (ABNT, 1982), com a discriminação de outras variáveis que devem ser consideradas, pois podem produzir esforços importantes na estrutura. São elas: ação do vento, variação de temperatura, retração, deformação lenta,

choques, vibrações e esforços repetitivos, influência do processo de construção e deslocamento de apoio.

Estas forças vão ocasionar esforços mecânicos na estrutura que podem tornar-se solitações simples (compressão, tração, flexão, torção e cisalhamento) ou compostas (conjugação simultânea de esforços simples), conforme o posicionamento das cargas, em relação aos próprios elementos estruturais.

Os elementos estruturais devem ser combinados em diferentes grupos, conforme o tipo de edificação. FUSCO (1985) afirma que:

*"de modo geral, as estruturas podem ser concebidas como se fossem formadas por três famílias de elementos estruturais planos. Usualmente, uma família é formada por placas horizontais e as outras duas por elementos planos verticais".*

Nas construções convencionais, os planos horizontais são formados pelas vigas e as lajes, cuja função é suportar os esforços provenientes do seu peso próprio e de outros elementos construtivos, além das cargas acidentais que agirão durante a construção e utilização da edificação.

Os elementos planos verticais, interpretados em planos ortogonais, são formados por vigas e pilares que têm a função de suportar os citados planos horizontais. Por extensão, as fundações estão também incluídas neste grupo. Sendo assim, pode-se dizer que uma estrutura é formada por fundações, pilares, vigas e lajes.

**Fundações** - Como definição, BUENO ET AL (1985) afirmam:

*"No sentido comum, o termo fundação é entendido como um elemento da estrutura encarregado de transferir para o subsolo as cargas da superestrutura".*

A norma brasileira NBR-6122/86 (ABNT, 1986) classifica as fundações em dois tipos principais, que são as fundações de superfície e as fundações profundas.

As fundações de superfície, também chamadas Rasa, Direta ou Superficial é aquela

*"em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e em que a profundidade de assentamento, em relação ao terreno adjacente, é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; compreende as sapatas, os blocos, as sapatas associadas, os "radiers" e as vigas de fundação.*

*Fundações profundas são aquelas em que o elemento de fundação transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de atrito do fuste) ou por uma combinação das duas, e esta assente em profundidade, em relação ao terreno adjacente, superior ao dobro de sua menor dimensão".*

**Pilares** - Os pilares têm como principal função transmitir os esforços das vigas às fundações. São elementos estruturais em que a sua altura é muito maior que as suas outras duas dimensões. A carga que devem suportar resulta, quase que totalmente, em esforços de compressão. Com isso, seu formato adquire grande importância, pois está intimamente ligado à flambagem. Seções que tenham momento de inércia reduzido poderão ocasionar este fenômeno.

O item 6.1.3.1, da NBR-6118/82 (ABNT, 1982) recomenda, para pilares não cintados, que a sua menor dimensão não deve ser inferior a 20 cm, nem a 1/25 de sua altura livre. Se estes pilares suportarem lajes cogumelos, esses limites passam a ser 30 cm e 1/15.

Quando não se tratar de pilar que suporte laje cogumelo, os limites acima poderão ser reduzidos desde que se aumente o coeficiente de segurança, nos seguintes casos:

- pilares de seção transversal, com raio de giração não menor que 6 cm, composta de retângulos (cantoneiras, zês, tês, duplos tês), cada um dos quais com largura não inferior a 10 cm nem a 1/15 do respectivo comprimento;

- pilares de seção transversal retangular com largura não inferior a 12 cm e comprimento não superior a 60 cm, apoiados no elemento estrutural subjacente em toda a sua base, consideradas obrigatoriamente no seu cálculo, a flexão oriunda das ligações com lajes e vigas e a flambagem conjunta dos pilares superpostos.

**Vigas** - As vigas têm a função principal de transmitir as cargas das lajes e das paredes aos pilares. São elementos cujas solicitações maiores referem-se à flexão e ao cisalhamento. Contudo, esta flexão gera em sua seção, simultaneamente, esforços de compressão e tração, alternando-se na sua superfície superior e inferior, conforme o momento atuante no ponto considerado.

São classificadas, normalmente, como isoladas, contínuas e em balanço. As vigas isoladas, também chamadas de bi-apoiadas, têm necessidade de dois apoios. As vigas contínuas são caracterizadas por possuírem mais de dois apoios para a sua sustentação. Finalmente, as vigas em balanço que possuem uma das duas extremidades sem qualquer apoio.

Quanto as dimensões mínimas, a NBR-6118/82 (ABNT, 1982) prescreve que a largura, quando sua seção for retangular, as nervuras das vigas de seção T e as paredes das vigas de seção caixão, não deve ser menor que 8 centímetros.

**Lajes** - As lajes podem ser caracterizadas como estruturas laminares, normalmente planas e horizontais, solicitadas predominantemente por cargas normais ao seu plano médio. O seu formato é variável, desenvolvendo-se sobre elas (exceto em algumas coberturas) as atividades normais em um edifício.

ROCHA (1986), cita:

*"Para suportar as cargas verticais transmitidas a um plano horizontal (piso dos edifícios), empregando-se como material o concreto armado, executa-se uma placa deste material monolítico, a qual tem a denominação de laje".*

Sendo as lajes objeto deste estudo, serão tratadas em detalhe nos próximos capítulos.

## CAPÍTULO 4

### LAJES

#### 4.1 Um breve Histórico

Torna-se importante, ao se referir às lajes, num breve resumo histórico, referenciá-lo à construção e, em particular, ao concreto. Neste sentido, o enfoque a seguir adotará esta premissa, possibilitando um melhor entendimento do processo evolutivo.

Tendo como objetivo procurar identificar a realidade do setor da construção civil no Brasil, desde o seu descobrimento, foi realizado um estudo no Estado de Minas Gerais. Neste estudo, intitulado Diagnóstico da Construção Civil, LAMONIER (1984), classifica o processo produtivo em três categorias. O processo tradicional, o convencional e o industrializado.

O processo tradicional é caracterizado pela utilização maciça de materiais naturais como pedra, barro, madeira, etc. com uso intensivo de mão-de-obra.

O processo convencional é aquele em que os principais elementos são construídos, utilizando-se diversos materiais e componentes fornecidos pela indústria da construção civil. A utilização da mão-de-obra ainda é bastante elevada, com pouca incidência de equipamentos mecânicos.

Finalmente, no processo industrializado, os principais elementos do edifício são produzidos fora do canteiro de obras, através de procedimentos industriais. Neste processo, pressupõe-se a existência de uma mecanização e racionalização da construção, com uma redução da mão-de-obra, em relação aos processos anteriores.

Continua o referido Diagnóstico:

*"Nestes quase 500 anos de história, observa-se a predominância do processo tradicional até meados do século XIX, a partir do que o processo convencional se implanta, desenvolvendo-se até os nossos dias como processo produtivo predominante. O processo industrializado, ainda pouco significativo no Brasil, aparece no século atual, a partir da década de 60."*

No que se refere à estrutura de concreto, é incontestável que o marco inicial deu-se com a descoberta do cimento artificial de pega normal ou cimento portland.

A partir da cal hidráulica artificial, criada por L. J. Vicat por volta de 1800, é que foram desenvolvidas pesquisas buscando uma evolução deste aglomerante. PETRUCCI (1975) cita:

*"... pode-se dizer que foi na Inglaterra que a fabricação do cimento portland se desenvolveu em primeiro lugar. Atribui-se a Isaac Johnson a produção, em 1845, de um verdadeiro cimento artificial de pega normal".*

Outro acontecimento importante foi em 1855, com a "mistura" do cimento com o aço, buscando a composição de um sólido versátil. Coube ao francês Joseph Louis Lambot este pioneirismo.

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a produzir este aglomerante. O Comentador Antônio Proost Rodovalho, em 1888, fabricava a cal hidráulica. Mais tarde, em 1898, esta fábrica iniciou a produção do cimento portland, cuja marca denominava-se Santo Antônio.

Referindo-se ao concreto, VASCONCELOS (1985) cita:

*"É muito escassa a documentação brasileira sobre as primeiras realizações. Faltam datas e pormenores das obras e portanto temos que nos contentar com descrições vagas e pouco precisas. A mais antiga notícia que foi possível encontrar de alguma aplicação no Brasil data de 1904, documentada no curso do Prof. Antonio de Paula Freitas na 'Escola Polytechnica do Rio de Janeiro'... onde menciona que os primeiros casos foram realizados na construção de casas de habitação em Copacabana, pela 'Empresa de Construções Civis'".*

No que diz respeito à confecção de lajes, presume-se que a sua utilização aconteceu ao final da década de 20, conforme citado por VASCONCELOS (1985):

*"os pavimentos superiores já começam a apresentar lajes maciças de concreto, em substituição a soalhos de madeira... Nos edifícios de médio porte e nas poucas edificações com mais de cinco pavimentos são predominantes as estruturas de aço... que vão cedendo lugar às de concreto armado, nos dois casos utilizando-se lajes de concreto armado e vedações de alvenaria de tijolos.*

*Por volta de 1935 já são também utilizadas as primeiras 'lajes mistas' constituídas por vigotes de concreto sobre os quais se apoiam blocos cerâmicos, seguidos de capeamento de concreto com armação".*

*"Aparecem com características de leveza, os blocos de concreto celular autoclavado, em 1948".*

Atualmente, as lajes podem ser calculadas e executadas de várias formas e com diferentes materiais. Esta variabilidade de materiais permite alternativas de construção, com resultados tanto estruturais quanto econômicos.

## 4.2 Classificação das Lajes

APOLO (1979) divide as lajes em função da sua capacidade de resistência durante a sua execução. São denominadas resistentes, semi-resistentes e não resistentes. As resistentes são aquelas capazes de suportar por si só as cargas a que estão submetidas. As semi-resistentes necessitam de uma complementação de concreto, a fim de poderem resistir aos esforços de compressão existentes em sua superfície superior. Finalmente, as não resistentes necessitam do auxílio de materiais "temporários", para poderem ser executadas.

Outra classificação, dada por BAUD (198-), distingue três tipos característicos de lajes à base de concreto armado:

- a) as lajes feitas inteiramente na obra, ou seja, a armadura é montada e o concreto é lançado no próprio local da obra;
- b) lajes semi-pré-fabricadas, nas quais o elemento resistente à tração é executado em fábricas, transportado à obra, e o concreto, que irá resistir à compressão, é lançado no próprio local;
- c) lajes completamente pré-fabricadas, onde todo o elemento estrutural é confeccionado na indústria e colocado, posteriormente, na obra.

Cada um destes três tipos têm características diferentes, as quais acarretam vantagens e desvantagens que devem ser consideradas em cada caso em particular.

Dentre estas classificações, acredita-se que a última demonstre uma maior clareza.

Procurando diagnosticar a realidade em Florianópolis relativa aos tipos de lajes em execução, foi realizada uma pesquisa no mês de agosto de 1993, abrangendo os bairros de Ponta das Canas, Trindade e Centro. Foram verificadas todas as obras em execução, a partir das fundações até a etapa de pintura. Os resultados obtidos, disponíveis nas Tabelas 4.1 e 4.2,

justificam os tipos selecionados para o estudo prático realizado na Parte II deste trabalho. As siglas utilizadas para identificar os diversos tipos de lajes foram:

- LAJPRE - Laje com vigotes pré-moldados;
- LAJMAC - Laje maciça;
- LAJNBC - Laje nervurada com bloco cerâmico;
- LAJNCC - Laje nervurada com concreto celular autoclavado;
- LAJNPE - Laje nervurada com poliestireno expandido.

**Tabela 4.1 - Pesquisa sobre os tipos de lajes nas obras em alguns bairros de Florianópolis**

LOCAL	Nº PVTOS	LAJES	QUANT	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PERCENTUAL
TRINDADE	ATÉ 2	SEM LAJE	2	100	0,5
		OUTRA LAJE	1	240	1,2
		LAJPRE	12	1218	6,2
		LAJMAC	1	40	0,2
	3 e 4	LAJPRE	6	6150	31,1
		LAJNBC	1	12040	60,8
TOTAL DE OBRAS			21	19788	100,00
P. CANAS	ATÉ 2	SEM LAJE	10	680	3,6
		LAJPRE	24	14171	74,8
		LAJMAC	2	1917	10,1
	3 e 4	LAJPRE	3	2180	11,5
TOTAL DE OBRAS			38	18948	100,00
CENTRO	ATÉ 2	LAJPRE	3	1140	0,7
	3 e 4	LAJMAC	2	1660	1,0
		LAJNCC	1	977	0,6
		LAJNBC	1	480	0,3
	5 a 14	OUTRA LAJE	3	12000	7,1
		LAJPRE	3	11500	6,8
		LAJMAC	29	46433	27,2
		LAJNPE	1	3600	2,1
		LAJNCC	6	14414	8,5
	LAJNBC	20	78010	45,7	
TOTAL DE OBRAS			41	170214	100,00

**Tabela 4.2 - Resumo dos tipos de lajes nas obras de Florianópolis**

LOCAL	Nº PVTOS	LAJES	QUANT	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PERCENTUAL
GERAL	1 a 14	SEM LAJE	11	780	0,4
		OUTRAS LAJES	4	12240	5,9
		LAJPRE	48	36359	17,3
		LAJMAC	32	50050	24,0
		LAJNPE	1	3600	1,7
		LAJNCC	6	15391	7,4
		LAJNBC	21	90530	43,3
TOTAL DE OBRAS			100	208950	100,00

### 4.3 Lajes Maciças

Estas lajes, executadas totalmente na obra, em concreto armado, proporcionam uma aparência semelhante a de um material monolítico. A NBR-6118/82 (ABNT,1982), prescreve que a sua espessura deve ser maior que:

- a) 5 cm em lajes de cobertura não em balanço;
- b) 7 cm em lajes de piso e em balanço;
- c) 12 cm em lajes destinadas à passagem de veículos.

Em lajes cogumelos, esses limites devem ser elevados respectivamente para 12 cm, 15 cm e 15 cm.

As lajes maciças oferecem como vantagens:

- facilidade no lançamento e adensamento do concreto;
- possibilidade do emprego de telas soldadas, reduzindo o tempo de colocação das ferragens;

- segurança na execução da concretagem;
- maior rigidez ao conjunto da estrutura;
- não necessidade de área para depósito de material inerte;
- possibilidade de descontinuidade em sua superfície.

-Como desvantagens apresentam:

- alto consumo de madeira para fôrmas e escoramento;
- tempo de execução das fôrmas e tempo de desfôrma muito grandes;
- uso de concreto onde ele não é solicitado.

A Figura 4.1 mostra um esquema da sua aparência.

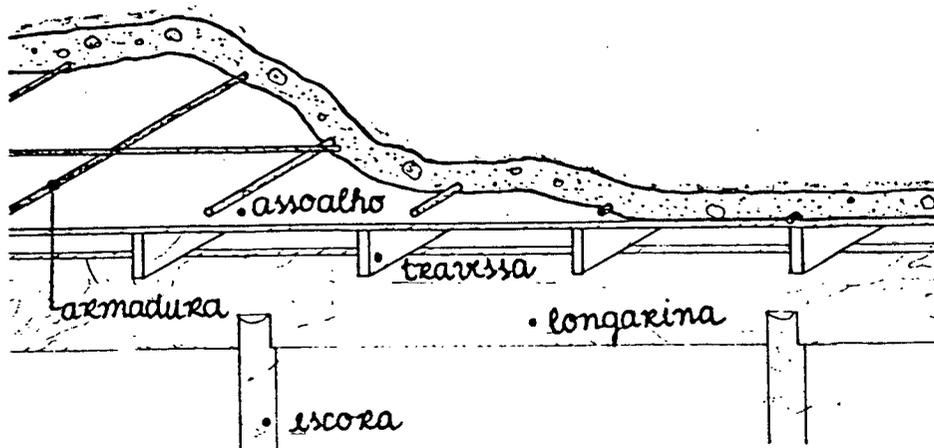


Figura 4.1 - Aspecto da laje maciça

#### 4.4 Lajes nervuradas

Com o objetivo de eliminar o concreto onde ele não é solicitado, reduzindo-se, conseqüentemente, o custo de execução, foi criada uma outra alternativa construtiva para as lajes, através da utilização de nervuras de concreto armado, na face inferior das mesmas, com a permanência de uma camada de concreto na superfície superior. Entre estas nervuras pode ou não existir algum material, visto que não deve existir esforço algum sobre ele. Este tipo de laje, denominado laje nervurada, também é confeccionado diretamente na obra.

Como particularidade, estas lajes podem possuir uma superfície inferior plana, utilizando-se vigas "chatas", ou seja, vigas cuja largura é superior a sua altura. Esta característica particular aumenta o custo de sua execução, uma vez que as quantidades de concreto e aço são bem superiores ao sistema convencional. Em contrapartida, favorece ao aspecto estético, pois pode proporcionar um teto completamente plano. As alturas das lajes e da viga são normalmente iguais, e maiores que nos demais tipos de lajes. Em função disto, têm possibilidades de vencerem grandes vãos, além de melhorar suas características de isolamento termo-acústico.

Quanto ao aspecto construtivo, entre as nervuras que sustentam a mesa (plano superior da laje), pode ou não existir material inerte. Deve ser salientado que este material inerte não é considerado como material resistente no cálculo estrutural destas lajes, diferenciando das lajes mistas que o consideram como capazes de resistir à parte dos esforços de compressão oriundos da flexão a que estão sujeitas.

A NBR-6118/82 impõe algumas exigências para o dimensionamento das lajes nervuradas:

- a) a distância livre entre as nervuras não deve ultrapassar a 100 centímetros;
- b) a espessura da nervura não deve ser inferior a 4 centímetros;
- c) a espessura da mesa não deve ser inferior a 4 centímetros ou a 1/15 da distância entre as nervuras;
- d) o apoio das lajes deve ser ao longo das nervuras;
- e) nas lajes armadas numa direção são necessárias nervuras transversais sempre que haja carga concentrada a distribuir ou quando o vão teórico for superior a 4,00 metros, exigindo-se duas nervuras, no mínimo, quando esse vão ultrapassar a 6,00 metros;
- f) nas nervuras com espessura inferior a 8 centímetros não é permitido colocar armadura da compressão no lado oposto à mesa.

As lajes nervuradas, de maneira geral, têm como vantagens:

- simplicidade na execução de fôrmas das vigas, quando "chatas";

- possibilidade de obtenção de teto plano, facilitando a limpeza, melhorando a ventilação e não limitando previamente os espaços;

- maior rigidez ao conjunto da estrutura;
- viabilidade para vencer maiores vãos e suportar maiores cargas;
- maior flexibilidade no posicionamento das paredes;
- possibilidade de haver descontinuidade de sua superfície.

Como desvantagens têm:

- maior consumo de aço;
- exigir maiores cuidados durante a concretagem;
- consumo de material inerte cujo preço pode ser elevado ou na ausência deste, alto consumo de fôrmas;

- necessidade de espaço para estocagem do material inerte.

Na situação de não colocação de material inerte, o tempo de execução das fôrmas é grande, além de exigir um grande consumo de madeira. Estas fôrmas podem ser substituídas por fôrmas especiais, com módulos de plástico reforçados com fibras de vidro (tipo Glasforma), que são colocadas e retiradas com facilidade e sem perdas consideráveis.

A utilização do material inerte proporciona a redução do consumo de fôrmas e uma agilização do processo construtivo. Os principais materiais usados são o poliestireno expandido, popularmente chamado de isopor, o concreto celular autoclavado e os blocos cerâmicos, comumente denominados de tijolos furados.

A Figura 4.2 mostra a laje nervurada com bloco de poliestireno expandido, ressaltando o acréscimo de uma tela de arame (tela de estuque) entre a superfície inferior dos blocos e o assoalho da forma, cuja função é propiciar uma melhor aderência do revestimento a ser executado, após a construção da laje.

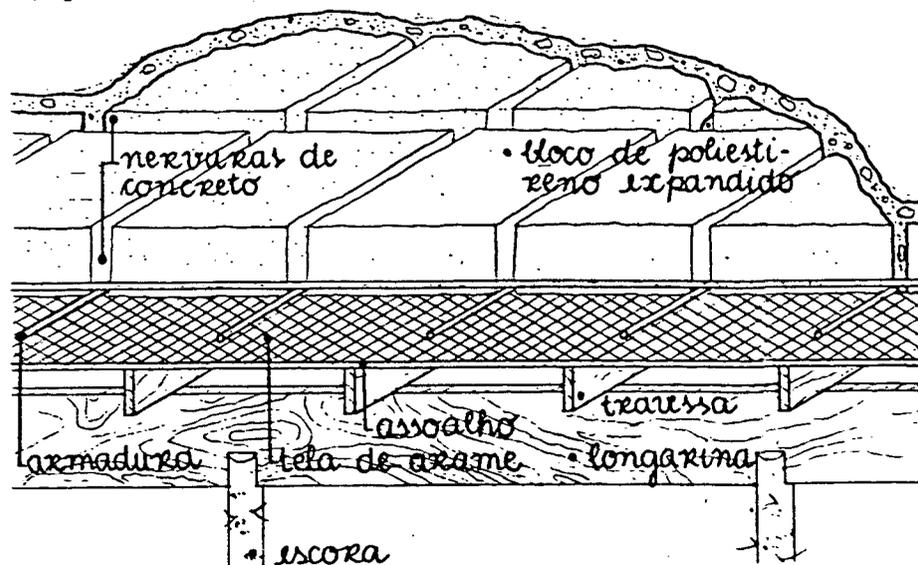
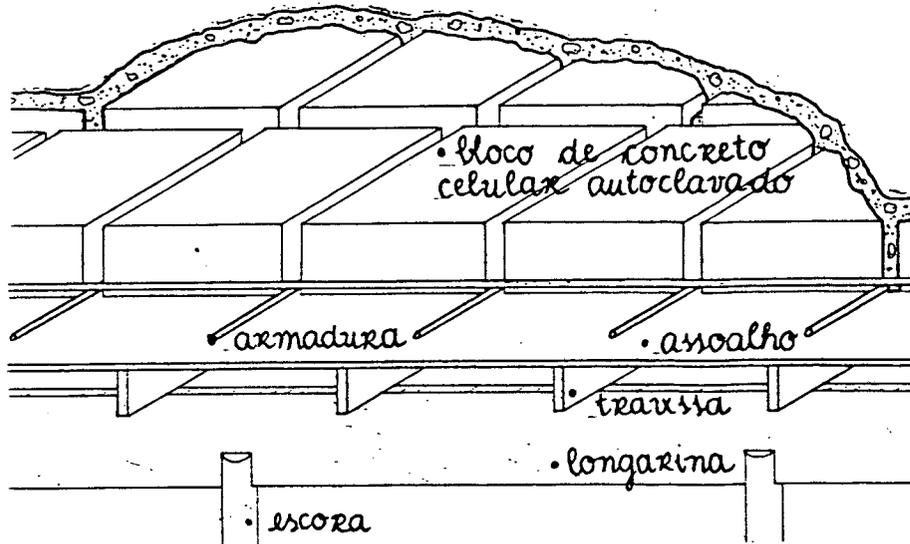


Figura 4.2 - Laje nervurada com blocos de poliestireno expandido

A laje nervurada com blocos de concreto celular autoclavado está representada na Figura 4.3. Estes blocos são fabricados em dimensões múltiplas de 2,5 centímetros a partir dos 10 cm.



**Figura 4.3 - Laje nervurada com blocos de concreto celular autoclavado.**

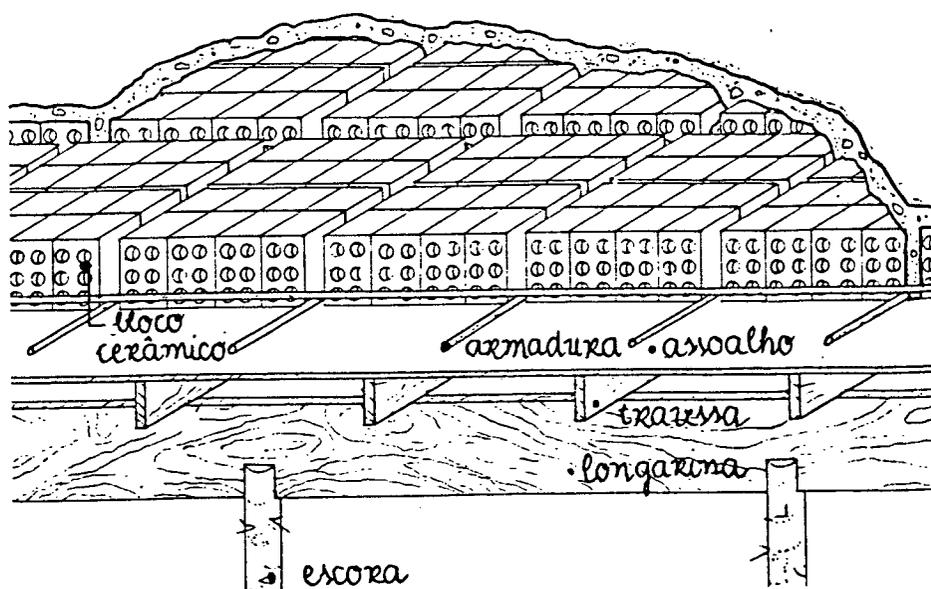
A Figura 4.4 mostra a laje nervurada com blocos cerâmicos. É importante observar que podem ser obtidas várias alturas para as lajes, em função do tipo de bloco utilizado e do posicionamento dele em relação ao plano horizontal. Também são fabricados blocos cerâmicos especiais, com comprimentos maiores que os utilizados na execução de paredes de alvenaria. Apresenta como inconveniente a penetração de concreto nos furos dos tijolos, aumentando o seu peso próprio e o consumo daquele material.

#### 4.5 Lajes com vigotes pré-moldados

Estas lajes são caracterizadas por possuírem vigotes pré-moldados de concreto armado, nos quais se apóiam blocos especiais de cerâmica ou de concreto. Todos estes elementos são manufaturados em fábricas e transportados, após a sua cura, para a obra. Depois da colocação dos vigotes, blocos cerâmicos, armadura de distribuição, eletrodutos e caixas de passagem, recebem, em sua superfície superior, uma camada fina de concreto, comumente chamada de capeamento.

As suas vantagens são:

- rapidez e simplicidade na execução;
- redução do consumo de madeira para fôrmas e escoramento;
- redução da diversidade de mão-de-obra;
- obra com aspecto mais limpo.

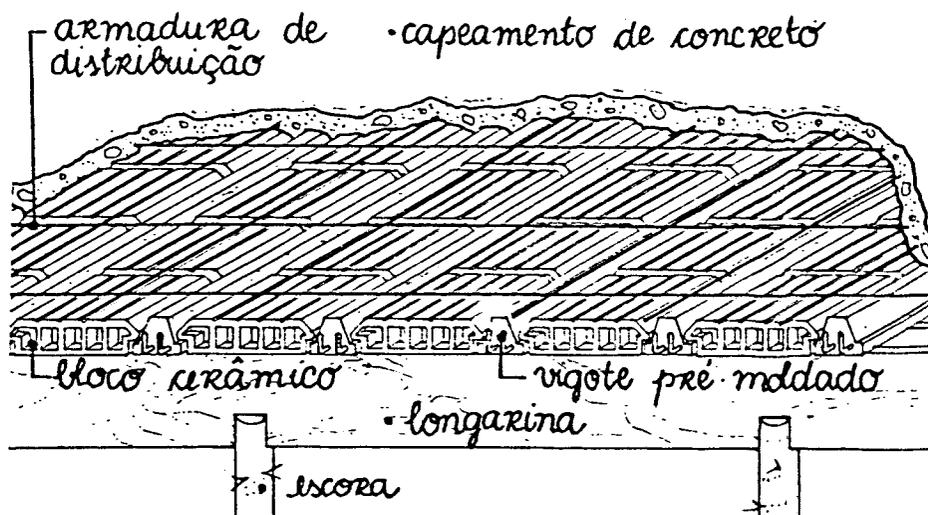


**Figura 4.4 - Laje nervurada com blocos cerâmicos**

Como desvantagens apresentam:

- menor rigidez na estrutura como um todo, face à pequena espessura da capa;
- falta de aderência do concreto da capa com o do vigote; embora seja considerado no seu cálculo;
- grande possibilidade de fissuras devido aos movimentos de retração/dilatação provenientes dos fenômenos térmicos;
- altos riscos de acidentes, tanto na colocação dos vigotes como durante a concretagem;
- comprimento limitado, restringindo o seu uso a determinados projetos;
- impossibilidade de aberturas em sua superfície, sem que hajam vigas periféricas de sustentação;
- limitação da carga de acordo com as especificações do fabricante.

A Figura 4.5 apresenta a configuração típica dos elementos deste tipo de laje.



**Figura 4.5- Laje com vigotes pré-moldados de concreto**

## CAPÍTULO 5

### MATERIAIS UTILIZADOS NAS LAJES

Segundo ROSSO (1980),

*"materiais e componentes de construção são produtos intermediários que associados fisicamente ou integrados funcionalmente dão lugar à edificação."*

PATTON (1978) divide os materiais de construção, particularmente os sólidos, em três categorias básicas: os materiais cerâmicos, os metais e os materiais orgânicos. Os materiais cerâmicos são rochas ou minerais argilosos, ou compostos por tais minerais. Estes materiais são extraídos do solo, podendo ou não sofrer um processamento e purificação. São relativamente baratos, se forem comparados com os metais e os materiais orgânicos. Os metais são extraídos de minérios naturais. Não tão duros quanto os materiais cerâmicos, tem o seu custo elevado pois devem ser reduzidos dos minérios por processos de fusão. Os materiais orgânicos foram desenvolvidos em grande parte do século vinte, com exceção da madeira e dos betumes. Compreendem ainda, os materiais sintéticos, os quais se baseiam quimicamente em cadeias de carbono.

Os materiais de construção, especialmente os utilizados nas estruturas de concreto, necessitam de qualidades mecânicas mínimas a fim de satisfazerem as solicitações a que estão submetidos. Como nem sempre são utilizados de forma isolada, a sua participação no elemento estrutural é de importância fundamental, pois se tiverem deficiências físicas ou químicas poderão comprometer todo o conjunto. Assim sendo, serão discriminadas a seguir algumas referências sobre os materiais empregados nas lajes.

#### 5.1 Aço

MASSARO JÚNIOR (1992) define

*"aço como uma liga metálica, resultante do refino do ferro gusa em siderúrgicas, composta principalmente de ferro, com pequenas quantidades de carbono, manganês e silício."*

Os aços destinados ao concreto armado são constituídos normalmente de barras de seção circular com diâmetro variando desde alguns milímetros até cerca de 4 centímetros. A classificação dos aços para as armaduras, segundo a NBR 7480/85 (ABNT, 1985), é feita de

acordo com suas características mecânicas, sendo que a mais importante é a tensão de escoamento, expressa em  $\text{kgf}/\text{mm}^2$ .

De acordo com o processo de fabricação, os aços para a construção, tipo CA, classificam-se em classe A e B. Na classe A encontram-se as barras e fios laminados a quente, com escoamento definido, caracterizado por patamar no diagrama tensão-deformação. São as barras lisas. Para a classe B, as barras e fios são encruados por deformação a frio, com tensão de escoamento convencional, em uma deformação permanente de 2%. São as barras torcidas ou com mosas.

Outra característica dos aços CA é o módulo de deformação longitudinal cujo valor é de  $2,1 \times 10^6 \text{ kgf}/\text{cm}^2$

**Barras ou Vergalhões** - As barras ou vergalhões, utilizadas nas estruturas de concreto armado são fornecidas com comprimento de 10 a 12 metros, retas. Podem também ser entregues em feixes, dobradas ao meio. Comercialmente são encontradas barras com diâmetro nominal, em milímetros de: 6,3; 8,0; 10,0; 16,0; 20,0; 22,5; 25,0; 32,0 e 40,0. Fora das condições padrão, poderão ser feitos pedidos especiais às fábricas.

**Fios trefilados** - Os fios trefilados, pertencentes à classe B de aço, são caracterizados pela alta resistência, proporcionando estruturas de concreto armado mais leves, e pelos entalhes, que aumentam a sua aderência ao concreto.

Estes fios podem ser fornecidos em rolos ou barras. O peso do rolo varia entre 70 e 150 quilos. As barras, comercializadas nos comprimentos de 10 a 12 metros ou dobradas ao meio, em feixes, são encontradas nos diâmetros, em milímetros, de 3,4; 4,2; 4,6; 5,0; 6,0; 6,4; 7,0; 8,0 e 9,5. Fora destas especificações, somente com pedido especial. Segundo o catálogo Gerdau (1980), estes fios trefilados não são recomendados como armadura de compressão.

**Telas soldadas** - As telas soldadas são armaduras pré-fabricadas soldadas em todos os pontos de cruzamento dos fios. As mais usuais e com maior número de aplicações estão na **Tabela 5.1**.

**Arame de aço recozido** - O arame de aço recozido é obtido por trefilação de fio de máquina, sendo posteriormente tratado termicamente em fornos com temperaturas e tempo controlados.

Caracterizam-se pelo elevado grau de ductibilidade, associado a uma resistência à tração relativamente alta, conforme a NBR-5589/82 (ABNT,1982). Suas qualidades

mecânicas garantem uma utilização e manuseio em operações que exigem normalmente dobras e torções, sendo empregado nas amarrações de armaduras para concreto armado.

São comercializados para obras, em rolos de um quilograma. A fabricação é feita nas bitolas de 4 a 18 BWG (Birmingham Wire Gauge). Para estruturas de concreto armado são recomendadas as bitolas de 16 e 18 BWG, equivalentes, em milímetros, respectivamente a 1,62 e 1,25.

**Tabela 5.1 - Características das telas soldadas**

TELAS PADRONIZADAS DE USO CORRENTE				
TELA	COMPOSIÇÃO		DIMENSÕES	
	MALHA (cm)	FIOS (mm)	ROLOS (m)	PAINÉIS (m)
CA 60				
Q 47	15 x 15	3,0 x 3,0	2,45 x 120	
Q 61	15 x 15	3,4 x 3,4	2,45 x 120	
Q 75	15 x 15	3,8 x 3,8	2,45 x 120	
Q 92	15 x 15	4,2 x 4,2	2,45 x 60	
Q 138	10 x 10	4,2 x 4,2	2,45 x 60	
Q 159	10 x 10	4,5 x 4,5		2,45 x 6,00
Q 196	10 x 10	5,0 x 5,0		2,45 x 6,00
Q 283	10 x 10	6,0 x 6,0		2,45 x 6,00
Q 396	10 x 10	7,1 x 7,1		2,45 x 6,00
T 138	30 x 10	3,8 x 4,2	2,45 x 60	

**Prego** - Existem duas classificações correntes para efeito de designação dos pregos, que diferem do padrão métrico definido pela NBR-6627/82. Uma delas, é definida em polegadas inglesas, cujo valor é de 25,4 milímetros, por BWG. Nesta classificação, o primeiro elemento indica o seu comprimento enquanto o segundo o diâmetro. A outra, pela JP (Jauge de Paris) por LPP (Linha de Polegada Portuguesa). O primeiro elemento significa o diâmetro enquanto o segundo o seu comprimento. A linha de polegada portuguesa é equivalente a 2.30 milímetros. Os outros dois valores BWG e JP possuem uma equivalência aproximada em milímetros, cujo valor pode ser observado na **Tabela 5.2**.

Os pregos são produzidos com diferentes formas em função da necessidade de sua utilização.

Tabela 5.2 - Conversão de JP e BWG para milímetros

JP	mm	BWG	mm
4	0,90	20	0,89
5	1,00	19	1,07
6	1,10	-	-
7	1,20	18	1,24
8	1,30	-	-
9	1,40	17	1,47
10	1,50	-	-
11	1,60	16	1,65
12	1,80	15	1,83
13	2,00	-	-
14	2,20	14	2,11
15	2,40	13	2,41
16	2,70	12	2,77
17	3,00	11	3,05
18	3,40	10	3,40
-	-	9	3,76
19	3,90	-	-
-	-	8	4,19
20	4,40	7	4,57
21	4,90	6	5,16
22	5,40	5	5,59
23	5,90	4	6,05
24	6,40	3	6,58
25	7,00	2	7,21
26	7,60	1	7,62

## 5.2 Concreto

Os concretos estruturais são constituídos de cimento Portland, areia média, pedra britada e água nas quantidades rigorosamente determinadas de acordo com o estabelecido nos respectivos traços. Os agregados, para a confecção do concreto na obra, são medidos em volume, através de padiolas dimensionadas, em função do traço especificado, pelo responsável técnico da obra. Deve existir uma padiola para a areia e outra para a brita. Ambas

não devem exceder a 60 kg cada uma. O cimento deve ser medido em peso. A água deve ter um equipamento próprio que permita ao operador da betoneira colocar a quantidade correta e evitando os meios que não sejam confiáveis, como balde e capacete.

**Aglomerante** - Aglomerantes são materiais ligantes, normalmente pulverulentos, utilizados na confecção de argamassas e concretos. O aglomerante mais freqüentemente utilizado nas estruturas é o Cimento Portland Comum.

O cimento portland é constituído principalmente de silicatos e aluminatos que, na presença da água, hidratam-se, formando cristais de silicatos e aluminatos de cálcio hidratados e também cristais de hidróxido de sódio.

O cimento deve ser armazenado em local protegido da ação das intempéries, da umidade e de outros agentes nocivos à sua qualidade. Se o cimento não for fornecido a granel ou ensilado, deve ser conservado em sua embalagem original, até o momento do seu emprego. A pilha de sacos não deve ser constituída de mais de 10 unidades, salvo se o tempo de armazenamento for, no máximo, de 15 dias, caso em que poderá atingir o número de 15. Lotes recebidos em épocas diversas não podem ser misturados e devem ser colocados separadamente, de maneira a facilitar sua inspeção e seu emprego, na ordem cronológica de recebimento.

As especificações brasileiras elaboradas pela ABNT, em 1991, indicam as siglas que devem representar os vários tipos de cimento portland.

\* Cimento Portland Comum:

CP I - Cimento Portland Comum

CP I-S - Cimento Portland Comum com Adição

\* Cimento Portland Composto:

CP II-E - Cimento Portland Composto com Escoria

CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana

CP II-F - Cimento Portland Composto com filler

\* Cimento Portland de Alto-Forno

CP III

\* Cimento Portland Pozolânico

CP IV

\* Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

CP V-ARI

As classes de resistência foram definidas para efeito de classificação de conformidade, de acordo com a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Classificação do cimento portland.

CIMENTO	CLASSE	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 28 DIAS (MPa)	
		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CP I	25	25,0	42,0
CP I-S	32	32,0	49,0
	40	40,0	-
CP II-F	25	25,0	42,0
CP II-Z	32	32,0	49,0
CP II-F	40	40,0	-
CP III	25	25,0	40,0
	32	32,0	49,0
	40	40,0	-
CP IV	25	25,0	42,0
	32	32,0	49,0
CP V-ARI	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AOS 7 DIAS (MPa)		
	LIMITE INFERIOR		LIMITE SUPERIOR
	34,0		-

**Agregados** - Os agregados utilizados no concreto são classificados em miúdos e graúdos, de acordo com a NBR-7211/83, (ABNT,1983).

No entanto, BLÜCHER (1986) salienta que esta norma é restrita apenas aos agregados mais utilizados no concreto. Os agregados leves e pesados, os de pequeno e grande diâmetro como o filler e o ciclópico e os outros provenientes de processos diferentes de trituração de rochas, foram excluídos dessa classificação, necessitando de normas específicas.

Segundo AGOPYAN (1986),

*"A adição dos agregados nas pastas de cimento visam não apenas a reduzir os custos do produto final mas também conferir propriedades especiais que a pasta endurecida não possui. A redução do custo dá-se pela substituição parcial, em volume, da pasta pelos agregados; conseqüentemente, tem-se a redução do consumo do cimento que é um material de custo elevado, por ser de alto consumo energético. Além disso, os agregados constituem a estrutura rígida dos concretos,*

*reduzindo as variações volumétricas que as pastas possuem, restringindo assim a fissuração dos componentes. Por fim, os grãos dos agregados conferem aos produtos finais a resistência à abrasão e à ação das intempéries."*

A areia, elemento principal entre os agregados miúdos, deve ser quartzosa, isenta de substâncias nocivas em proporções prejudiciais, tais como: torrões de argila, gravetos, mica, grânulos tenros e friáveis, impurezas orgânicas, cloreto de sódio, etc. Para ser utilizada no concreto deve satisfazer aos dispositivos das normas brasileiras e as necessidades da dosagem de cada caso. Preferencialmente, a maioria aparente de seus grãos devem ter diâmetro entre as peneiras de 0,6 mm e 2,4 mm, sendo caracterizada como areia média.

Quanto ao agregado graúdo, sua dimensão máxima característica, considerado na sua totalidade, deve ser menor que 1/4 da menor distância entre as faces das fôrmas, 1/3 da espessura da laje e a 80 % da distância entre as barras da armadura.

Agregados diferentes devem ser depositados em plataformas separadas, de modo que não haja possibilidade de se misturarem com outros agregados ou materiais estranhos, que venham prejudicar a sua qualidade. Também no manuseio devem ser tomadas precauções para evitar esta mistura. O piso dessas plataformas deve ter um caimento para que a água em excesso, proveniente da chuva, possa escoar.

**Água** - A água destinada ao amassamento do concreto deve ser isenta de substâncias estranhas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis e as que tenham pH entre 5,8 e 8,0, respeitando os seguintes limites:

matéria orgânica .....	3 mg/l
resíduo sólido .....	5000 mg/l
sulfatos .....	300 mg/l
cloretos .....	500 mg/l
açúcar .....	5 mg/l

**Aditivos** - São substâncias que são adicionadas ao concreto para melhorar suas características, sem, no entanto, corrigir possíveis defeitos de confecção. A eficácia do aditivo depende dos cuidados na mistura do concreto e na forma de sua própria adição.

VERÇOZA (1975), divide os aditivos em produtos inertes, quando não reagem diretamente com o gel do cimento, e produtos ativos, que reagem com o aglomerante. Entre os inertes encontram-se os incorporadores de ar, produtos obturantes, hidrófugos e formadores de espuma. Nos ativos estão os plastificantes, modificadores do tempo de pega e os especiais.

### 5.3 Madeira

A madeira a ser utilizada nos andaimes, fôrmas e escoramento, cujo emprego é provisório, é classificada como de qualidade. Para as fôrmas das lajes pode ser do tipo compensado.

*"Esta madeira é formada por lâminas em número ímpar. As lâminas externas, que são denominadas capas, normalmente não apresentam defeitos. As lâminas que apresentam nós, veios de diferentes tonalidades e outros defeitos são empregadas no interior do compensado, formando o seu miolo". (REQUENA, 1986)*

Estas lâminas são colocadas umas sobre as outras, de tal forma que duas lâminas adjacentes tenham suas fibras em posições que formem um ângulo de 90 graus entre si. Desta forma, o compensado terá resistência uniforme em todas as direções. Devem, necessariamente, ser coladas com resinas sintéticas à prova d'água, para poderem suportar a exposição às intempéries.

As tábuas e os sarrafos utilizados são, normalmente, chamados como "madeira de caixaria", tendo 2,5 centímetros de espessura e largura variável, conforme a necessidade.

Os pontaltes ou escoras devem ter o diâmetro, ou menor largura, maior que 5 centímetros para madeiras "duras" e 7 centímetros para madeiras "moles".

### 5.4 Material Inerte

**Bloco cerâmico** - O bloco cerâmico, também denominado bloco de vedação ou tijolo furado, é o elemento que possui furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. Estes blocos devem possuir a forma de um paralelepípedo retângulo, sendo as suas dimensões especificadas no item 4.2.1 da NBR-8042/83 (ABNT, 1983).

Os blocos são fabricados com argila, conformado por extrusão e queimados a uma temperatura tal que permita ao produto final atender às condições da NBR-7171/83 (ABNT, 1983). Visualmente, estes blocos não devem apresentar defeitos sistemáticos como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações ou desunidade na cor. A sua densidade, segundo a NBR-6120/80 (ABNT, 1980), é de 1,3.

Para as lajes com vigotes pré-moldados, os blocos de tabela ou cofragem têm comprimentos variáveis, em torno de 25 centímetros. A largura, também variável, está próxima dos 20 centímetros. As suas alturas são de 7; 10; 12; 16 e 20 centímetros, tendo como maior utilização os blocos com a altura de 7 centímetros. A sua densidade é de 0,6.

**Bloco de concreto celular autoclavado** - Este bloco é um produto leve e poroso, formado a partir de uma reação química entre cal, cimento, areia e pó de alumínio que, após uma cura a vapor a alta pressão e temperatura elevada, dá origem a um silicato de cálcio. Este produto é um composto químico estável, resistente e com características termo-acústicas.

O bloco a ser utilizado nas lajes nervuradas possui uma densidade seca de 0,41. Sua resistência mínima à compressão é de 10 kgf/cm<sup>2</sup> e o coeficiente de condutibilidade térmica é de 0,083 kcal/h.m.°C. Podem ser adquiridos com dimensões a partir de 10 centímetros, de 2,5 em 2,5 centímetros, até o limite máximo de 60 centímetros. São facilmente recortados, com serrotes comuns, caso haja necessidade.

**Bloco de poliestireno expandido** - *"Também conhecidos como isopor, tem seus polímeros comprimidos por um gás que se expande quando aquecido. É um material muito leve, com elevada trabalhabilidade e altamente isolante (térmico e acústico), porém por ser facilmente trabalhado tem pouca resistência."* (SILVA, 1985)

Os blocos de poliestireno expandido têm uma densidade de 0,015 e possuem uma resistência à compressão de 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Seu coeficiente de condutibilidade térmica é de 0,029 kcal/h.m.°C.

Segundo BOIN (1986), *"as peças para aplicação nas lajes podem ser fornecidas em qualquer dimensão, dentro do bloco padrão, que tem as seguintes medidas: comprimento 3,00 metros, largura de 1,20 metros e altura de 0,50 metros"*.

O material tem uma absorção mínima de água e uma resistência suficiente para permitir o deslocamento de pessoas e carrinhos, não se deteriorando com o tempo, nem sendo atacado por cupim.

## CAPÍTULO 6

### TÉCNICA DE EXECUÇÃO DAS LAJES

Dentro da construção civil no Brasil é inegável que a qualidade da mão-de-obra não acompanhou a evolução tecnológica. A exigência de rapidez na execução dos serviços, aliada à absorção de pessoal de baixo nível de escolaridade, sem treinamento algum, tem favorecido a mais esta deficiência do setor, se comparado a outras atividades econômicas.

Grande parte da formação dá-se no próprio canteiro, em que os profissionais, meros reprodutores de seu aprendizado anterior, repassam aos novatos alguma prática aprendida. A observação, também muito utilizada, é a base para os iniciantes, que galgarão degraus automáticos, segundo avaliação própria, rumo categoria de profissionais. Poucas são as empresas que investem em formação, pois entendem como um desperdício de horas de trabalho dos operários, num setor de altíssima rotatividade da mão-de-obra.

As indicações colocadas a seguir não têm a pretensão de mudar esta realidade. Elas também não constituem regras a serem seguidas obrigatoriamente. Trata-se de elementos para a execução de estruturas de concreto armado, nos sistemas convencionais, particularmente para a construção das lajes em estudo. Inicialmente, coloca-se uma série de recomendações que servem para todos os tipos de laje, referentes às fôrmas, armaduras e à concretagem. Posteriormente, são descritos os procedimentos para as suas respectivas execuções.

Os conteúdos estão de acordo com a NBR-6118/82 (ABNT, 1982), tendo por base também DIAS (1990) e RIPPER (1984) e, principalmente, com a experiência pessoal, fundamentada no "aprendizado" como professor de Materiais e Técnicas Construtivas do Curso de Arquitetura e Urbanismo desta Universidade.

#### 6.1 Fôrmas

As fôrmas devem adaptar-se aos modelos e dimensões das peças da estrutura projetada, respeitadas as tolerâncias do item 11 da NBR-6118/82 (ABNT,1982). O seu dimensionamento deve ser feito de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais,

quer sob a ação dos fatores ambientes, quer sob a carga, especialmente de concreto fresco, considerando nesta, o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

Nas peças de grande vão, deve ser verificada a necessidade de se executar uma contra-flecha para compensar a deformação provocada pelo peso do material introduzido, se já não tiver sido prevista no projeto, de acordo com o item 4.2.3 da NBR-6118/82 (ABNT,1982).

O escoramento deve ser executado de modo a não sofrer, sob a ação do seu peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura e que possam causar esforços no concreto na fase de endurecimento.

As escoras ou pontaletes com mais de 3 metros de comprimento devem ser contraventados, salvo se for demonstrada a que não há necessidade desta medida, para evitar flambagem. Somente podem ter uma emenda, a qual não deve ser feita no terço médio do seu comprimento. Nestas emendas, os topos das duas peças devem ser planos e normais ao eixo comum. Devem ser pregadas cobrejuntas em toda a sua volta.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na parte da estrutura que suporta o escoramento, pelas cargas por este transmitidas.

A confecção das fôrmas e do escoramento deve ser feita de modo a haver facilidade na retirada de seus diversos elementos separadamente, se necessário. Para que se possa fazer essa retirada sem choques, o escoramento deverá ser apoiado sobre cunhas ou outros dispositivos, apropriados para este fim.

Cuidados especiais devem ser tomados a fim de evitar-se o consumo exagerado de pregos, pois além exigirem gastos adicionais de mão-de-obra para a desfôrma, aumentam o estrago das madeiras.

Antes do lançamento do concreto devem ser conferidas as medidas e as posições das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria da estrutura corresponda ao projeto, com as devidas tolerâncias, procedendo-se a limpeza do seu interior e a vedação das juntas, de modo a evitar a fuga de pasta. As fôrmas devem ser molhadas até a saturação, fazendo-se pequenos furos para o escoamento da água em excesso.

No caso em que as superfícies das fôrmas sejam tratadas com produtos anti-aderentes, destinados a facilitar a desmoldagem, este procedimento deve ser feito antes da colocação das armaduras. Os produtos empregados não devem deixar, na superfície do concreto, resíduos que sejam prejudiciais ou possam dificultar a retomada da concretagem ou a aplicação do revestimento, principalmente se for concreto aparente.

## 6.2 Armadura

Não podem ser empregados na obra aços de qualidade diferente daqueles especificados no projeto estrutural, salvo com a aprovação prévia do calculista. Quando previsto o emprego de aços de qualidades diversas, devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a troca involuntária.

A armadura deve ser colocada no interior das fôrmas de modo que durante o lançamento do concreto se mantenha na posição indicada no projeto, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e das faces internas das fôrmas. Permite-se, para isso, o uso de arame e de tarugos de aço ou de tacos de concreto ou argamassa (afastadores). Nunca porém, será admitido o emprego de calços de aço em concreto aparente ou em situações cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor que o prescrito na NBR - 6118/82 (1982). Podem ser utilizados afastadores confeccionados na própria obra, utilizando-se uma argamassa com a relação cimento/materiais secos na mesma proporção que a do concreto. Para concreto aparente, estes afastadores devem ter uma área mínima de contato com a fôrma e, conseqüentemente, depois de desformada, da estrutura com o meio externo.

Nas lajes, a amarração das barras deve ser feita com arame recozido. Sempre que possível, o afastamento, a cada duas amarrações, não deve exceder a 35 centímetros.

Antes e durante o lançamento do concreto, cuidados especiais devem ser tomados pelos operários, a fim de não haver deslocamento das armaduras, principalmente as negativas.

## 6.3 Concretagem

**Preparo do concreto** - Quer a dosagem para o preparo do concreto na obra, quer a encomenda e o fornecimento do concreto pré-misturado, deverá ter por base a resistência característica do concreto especificada ( $f_{ck}$ ).

O amassamento mecânico em canteiro deverá durar, sem interrupção, o tempo necessário para permitir a homogeneização da mistura de todos os elementos, inclusive eventuais aditivos. A duração necessária aumenta com o volume da massada e, será tanto maior quanto mais seco for o concreto. O tempo mínimo de amassamento, em segundos, será o produto da raiz quadrada do diâmetro da betoneira (em metros) por 120, 60 e 30, conforme seja seu eixo, inclinado, horizontal e vertical, respectivamente.

Segundo VERÇOZA (1975), os técnicos recomendam, como decorrência dos estudos de incorporação de ar, a seguinte ordem de procedimentos:

- 1 - Colocar água na betoneira.
- 2 - Colocar o cimento.
- 3 - Misturá-los por 30 segundos.
- 4 - Adicionar metade da quantidade de areia.
- 5 - Adicionar toda a pedra.
- 6 - Colocar o resto da areia.
- 7 - Girar a betoneira num mínimo de 2 minutos.

Procedimento diferente sugere L'HERMITÉ (197\_):

- 1 - Colocar uma parte dos agregados graúdos e uma parte de água; depois, fazer rodar a betoneira, para lavá-la da mistura anterior.
- 2 - Adicionar o cimento, o restante da água, a areia e fazer girar a betoneira.
- 3 - Acrescentar o restante dos agregados graúdos, na ordem crescente de diâmetro.

**Transporte** - O concreto deve ser transportado do local do amassamento para o de lançamento, de forma a não acarretar desagregação ou segregação de seus elementos ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

Quando da ocorrência eventual de segregação (separação dos agregados graúdos da argamassa), o concreto contido na "girica" ou no carrinho de mão deve ser adequadamente remisturado, com o auxílio de uma pá, antes do lançamento nos elementos estruturais.

No caso de transporte por bombas, o diâmetro interno do tubo deve ser, no mínimo, três vezes maior que o diâmetro máximo do agregado graúdo.

O sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto nas fôrmas, evitando-se transporte intermediário e, se este for necessário, no manuseio do concreto devem ser tomadas precauções para evitar a segregação.

**Lançamento** - O concreto deve ser lançado logo após o amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o do lançamento, um intervalo superior a uma hora. Se for utilizada a agitação mecânica, este prazo será contado a partir do fim da agitação. Com o uso de retardadores de pega, o prazo poderá ser aumentado de acordo com as características do aditivo utilizado. Em nenhuma hipótese se fará lançamento após o início de pega.

Para evitar deformações e deslocamentos nas armaduras das lajes, pode-se utilizar plataformas do tipo móvel, construídas em madeira, que têm a característica de ficar apoiadas diretamente na fôrma, através de suportes. Estas plataformas devem ser dimensionadas para resistirem aos esforços atuantes (operários, "gircas", carrinhos) e ter dimensões compatíveis com a armadura. Com o avanço das frentes de concretagem as plataformas devem ser retiradas do local e transportadas para fora da laje. Este tipo de plataforma também pode ser utilizado para apoio da tubulação rígida, pertencente à bomba de concreto.

**Adensamento** - Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado ou socado, contínua e energicamente, com equipamento adequado a sua trabalhabilidade. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma. Devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais. A vibração da armadura deve ser evitada para que não se formem vazios a seu redor, com prejuízo da sua aderência ao concreto.

No adensamento manual, as camadas de concreto não devem exceder a 20 cm. Quando se utilizarem vibradores de imersão a espessura da camada deverá ser aproximadamente igual a  $3/4$  do comprimento da agulha, que deve ser introduzida no concreto na posição vertical ou levemente inclinada (ângulo menor que 30 graus).

A velocidade de introdução para os concretos plásticos deve ser aquela em que o vibrador penetre livremente, somente com a ação do seu peso próprio. Para misturas mais secas é necessária ajuda do operador. A sua retirada deve ser realizada de modo lento, a fim de permitir que o local onde estava posicionado se feche naturalmente. Para terminar a vibração, deve-se esperar que as bolhas de ar que saem do concreto diminuam de intensidade, resultando uma superfície brilhante (espehada), ao redor da agulha vibrante.

Deve-se evitar o uso de vibradores de imersão para desmontar grandes massas de concreto, lançadas num mesmo local, pois este procedimento poderá acarretar a segregação do concreto.

**Junta de concretagem** - Quanto o lançamento do concreto for interrompido formando-se uma junta de concretagem, devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir, ao se reiniciar o lançamento, a suficiente ligação do concreto, já endurecido, com o do novo trecho. Antes de se reiniciar o lançamento, deve ser removida a nata e feita a limpeza da superfície da junta.

No caso de vigas ou lajes apoiadas em pilares, o lançamento do concreto deve ser interrompido no plano de ligação do pilar, com a face inferior da viga ou da laje.

## 6.4 Cura

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, agente químico, bem como choques e vibrações de intensidade que possam produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

A proteção contra a secagem prematura, pelo menos durante os 7 primeiros dias após o lançamento do concreto, aumentando-se este mínimo quando a natureza do cimento o exigir, pode ser feita mantendo-se umedecida a superfície, ou aplicando uma película de cura que protegerá contra a desidratação descontrolada e conseqüente fissuração.

A retirada das fôrmas e do escoramento somente pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzindo a deformações inaceitáveis, tendo em vista a maior probabilidade de grande deformação quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Se não for demonstrado atendimento das condições acima e não tendo usado cimento de alta resistência inicial ou processo que acelere o seu endurecimento, a retirada das fôrmas e do escoramento não se deve dar antes dos seguintes prazos:

- faces laterais: 3 dias;
- faces inferiores permanecendo as escoras: 14 dias;
- faces inferiores, sem as escoras: 21 dias.

A retirada do escoramento e das fôrmas deve ser efetuada sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura.

## 6.5 Seqüência de Atividades

A seguir, estão discriminadas as etapas a serem seguidas para a confecção de cada um dos tipos de lajes. Estes procedimentos não são rígidos, podendo existir alternativas diferentes de seqüência dos trabalhos, sem que, obrigatoriamente, ocasione perda de qualidade dos serviços. A descrição abaixo parte do principio de que as fôrmas dos pilares e das vigas já estejam devidamente alinhadas, aprumadas e niveladas.

A confecção das lajes inicia-se pela fixação das longarinas nas respectivas escoras devidamente apoiadas no terreno.

Se a laje for maciça, prega-se o assoalho nas longarinas, marcando, posteriormente, sobre ele com um giz, a posição correta das barras de aço. Posicionam-se estas barras, juntamente com os eletrodutos e caixas de passagem de acordo com os

respectivos projetos. Após molhar-se as fôrmas, inicia-se a concretagem, sempre pelo lado oposto a entrada de pessoal. São colocadas guias de madeira com a mesma altura que deve ter a laje. Após o lançamento do concreto, o que exceder a esta altura é retirado através de uma régua apoiada sobre as referidas guias.

Na laje com vigotes pré-moldados, após o nivelamento das longarinas, colocam-se os vigotes e, em suas extremidades, dois blocos cerâmicos (também denominados de cofragem ou de tavela). Preenche-se então com os demais blocos toda a superfície da laje, posicionando também a malha da armadura de distribuição, os eletrodutos e as caixas de passagem. Cuidados especiais devem ser tomados durante o trânsito de pessoas sobre este tipo de laje, onde há necessidade da colocação de tábuas perpendiculares aos vigotes, pois os blocos têm, normalmente, uma resistência reduzida. Para deslocamentos paralelos aos vigotes, os pés devem apoiar-se somente nos vigotes. Antes da concretagem deve ser executada a contra-flecha nos vigotes, através da colocação de cunhas adicionais na base das escoras. A altura dessa contra-flecha é proporcional ao vão dos vigotes ( $l/200$ ), conforme tabelas dos fabricantes destes tipos de lajes. Finalmente, executa-se a concretagem, após molhar-se abundantemente toda a superfície, tomando-se o cuidado de não ultrapassar a altura do capeamento determinada no projeto.

Nas lajes nervuradas, após a colocação do assoalho e da armadura, devem ser posicionados os blocos de material inerte, respeitando-se rigorosamente as dimensões das nervuras. Se este material for o bloco cerâmico deve-se ter o cuidado de amarrá-los, evitando-se assim o seu deslocamento durante a concretagem. Posteriormente, colocam-se os eletrodutos, caixas de passagem e a armadura negativa, se necessária. Molha-se abundantemente e executa-se a concretagem.

## **PARTE 2**

# **ESTUDO COMPARATIVO DAS LAJES**

## CAPÍTULO 7

### PROJETOS MODELO

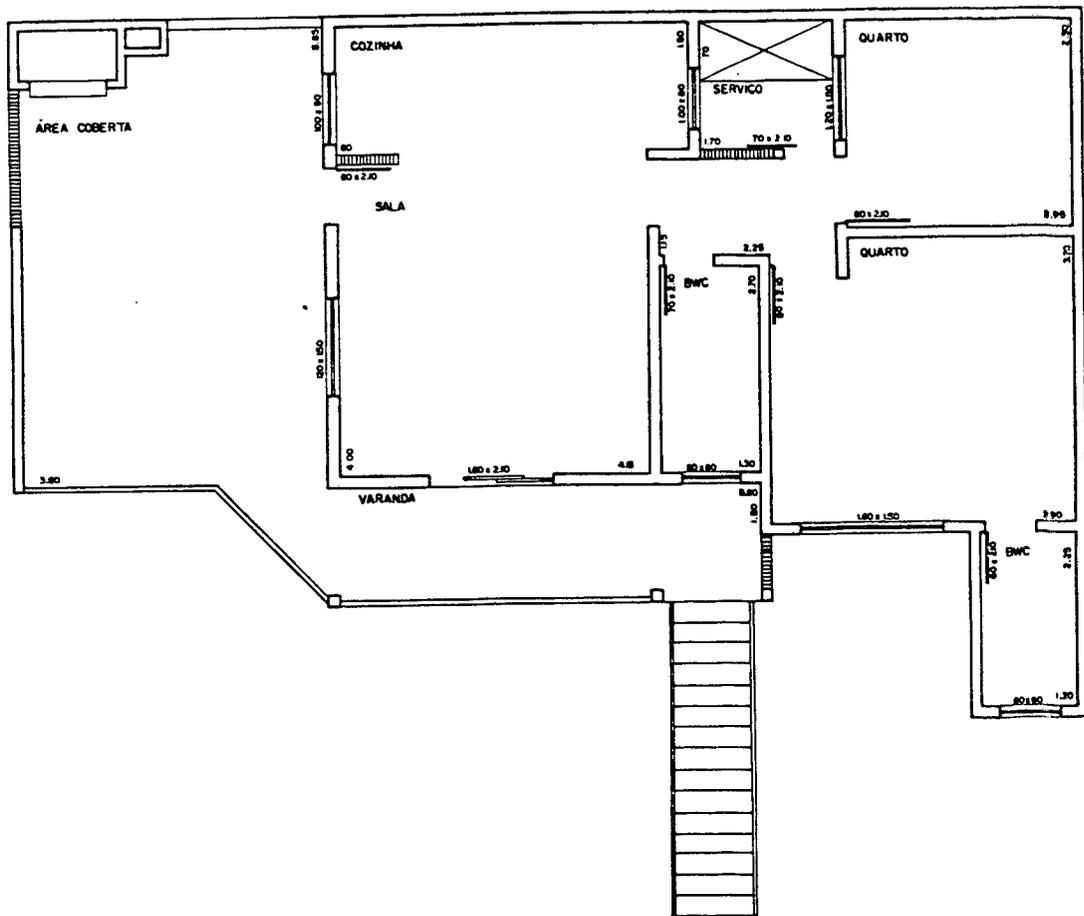
#### 7.1 Projeto Arquitetônico

Em alguns estudos comparativos realizados entre sistemas executados por processos distintos e, principalmente, em prospectos de empresas que fabricam materiais alternativos de sua construção, as equivalências são efetuadas apenas entre os próprios elementos. Não há preocupação na análise dos efeitos de sua utilização em outros elementos construtivos. Exemplificando: um catálogo contendo um estudo realizado por uma empresa que fabrica blocos leves para laje nervurada, discrimina somente as diferenças de peso, por metro quadrado de laje para diversas alturas, com os respectivos percentuais de variação. As variações sobre a carga total no pavimento não são calculadas, mascarando, assim, o resultado final apresentado. Em outras palavras, o peso das paredes, o peso próprio das vigas e eventuais sobrecargas não são consideradas. Também o partido arquitetônico, com a disposição dos cômodos e suas respectivas áreas, ignorados normalmente, podem influenciar nos valores finais.

Com o objetivo de reduzir estas distorções, optou-se por analisar os tipos de lajes, objetos deste estudo, a partir de três modelos de edificações habitacionais. Estes modelos não foram projetados para tal fim. Dois deles foram projetos selecionados em uma disciplina optativa do curso de Arquitetura e Urbansimo desta Universidade, que tinha como objetivo elaborar o cálculo, em computador, dos quantitativos da sua estrutura de concreto. O outro foi elaborado e, posteriormente, construído numa das praias da Ilha de Santa Catarina. Em todos os casos, as edificações tinham dois pavimentos.

O critério de seleção básico foi a área construída por pavimento. Em função dessas áreas, os projetos foram denominados, para efeito de referência, em Projeto Pequeno, Projeto Médio e Projeto Grande. As Figuras 7.1, 7.2 e 7.3, representam, respectivamente, a planta baixa do 2º pavimento dos referidos projetos, contendo os seus principais elementos arquitetônicos.





**Figura 7.3 - Planta baixa do Projeto Grande (2º pavto - 100 m<sup>2</sup>)**

## 7.2 Características Específicas dos Projetos

Como não existe pesquisa com referência a se ter um padrão de projeto arquitetônico, na região de Florianópolis, torna-se imprescindível a caracterização dos projetos em estudo, a fim de que os resultados do trabalho possam ser utilizados por terceiros, como parâmetro auxiliar na tomada de decisão, em determinadas alternativas construtivas. Esta comparação com outros projetos, no mesmo estilo ou com outras características, poderá ser realizada em função dos dados apresentados.

A Tabela 7.1 indica a divisão do espaço interno dos três projetos, observando-se a tendência de que quanto menor a área construída, menor o tamanho dos respectivos cômodos. Isto se deve ao fato que, normalmente, casas maiores são executadas por pessoas de maior renda, conseqüentemente num padrão de vida melhor.

**Tabela 7.1 – Características espaciais dos projetos modelo**

PROJETO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	CÔMODOS	ÁREA MÉDIA (m <sup>2</sup> )
Pequeno	40,00	5	8,00
Médio	80,00	9	8,89
Grande	100,00	10	10,00
Média	73,33	8	8,96

Outro elemento importante na caracterização dos modelos é a densidade de paredes, ou seja, a razão entre o total de área da seção horizontal das paredes e a área total do pavimento. A **Tabela 7.2** mostra os valores obtidos, a partir do comprimento total de paredes de cada um dos três projetos. Pode ser verificado que, apesar dos projetos Médio e Grande terem áreas relativamente diferentes, os comprimentos de suas paredes estão bastante próximos.

**Tabela 7.2 - Densidade de paredes dos projetos modelo**

PROJETO	P A R E D E S		
	COMPRIMENTO (m)	SEC. HORIZ.(m <sup>2</sup> )	DENSIDADE (%)
Pequeno	39,60	5,94	15,03
Médio	65,05	9,76	12,29
Grande	68,90	10,34	10,34
Média	57,85	8,68	12,55

Ao contrário do que foi verificado no quadro anterior, a densidade de parede decresce com o aumento da área construída, resultando numa redução da participação da carga deste elemento na composição da carga total da estrutura.

Como dado complementar é apresentada, na **Tabela 7.3**, a relação entre a área das paredes e a área das esquadrias (portas e janelas). Esta área foi calculada em relação ao plano vertical, considerando-se uma mesma altura de parede (pé direito).

Como se pode ver, os percentuais estão próximos, garantindo assim que o tamanho das esquadrias não terá influências consideráveis nos futuros cálculos.

**Tabela 7.3 - Relação entre áreas das paredes e das esquadrias**

PROJETO	Á R E A S (m <sup>2</sup> )		VALOR (%)
	PAREDES	ESQUADRIAS	
Pequeno	106,92	12,35	11,55
Médio	175,64	18,03	10,26
Grande	186,03	21,69	11,66
Média	156,20	17,37	11,16

### 7.3 Projeto Estrutural

Para a elaboração dos projetos estruturais dos modelos Pequeno e Grande, foi aproveitado o posicionamento dos pilares e vigas, apresentado pelos alunos na disciplina já mencionada. Este procedimento buscou não uniformizar os princípios para localização desses elementos estruturais, na tentativa de representar, ao máximo, a situação existente no mercado. Mesmo assim, foram necessários alguns outros critérios para homogeneizar os dados na elaboração dos cálculos. Estes critérios são mencionados a seguir:

1 - O bloco cerâmico (tijolo) a ser utilizado nas paredes será o mesmo para todos os projetos, sendo escolhido o de 6 furos, com dimensões, em centímetros, de 10 x 15 x 20, sendo assentados "a espelho".

2 - Nos projetos calculados com laje de vigotes pré-moldados e com laje maciça, todas as vigas terão a mesma largura do bloco cerâmico a ser utilizado, ou seja 10 centímetros.

3 - As vigas periféricas nos projetos calculados com lajes nervuradas também terão 10 centímetros de largura.

4 - As vigas internas para os projetos calculados com lajes nervuradas serão "chatas", com a sua altura igual a das respectivas lajes, a fim de possibilitarem um teto plano, no pavimento inferior.

5 - Nas alternativas de laje com vigotes pré-moldados e laje maciça, sob cada parede deverá existir, obrigatoriamente, uma viga.

6 - Nos cálculos com laje nervurada, poder-se-á distribuir a carga de algumas paredes sobre a respectiva laje.

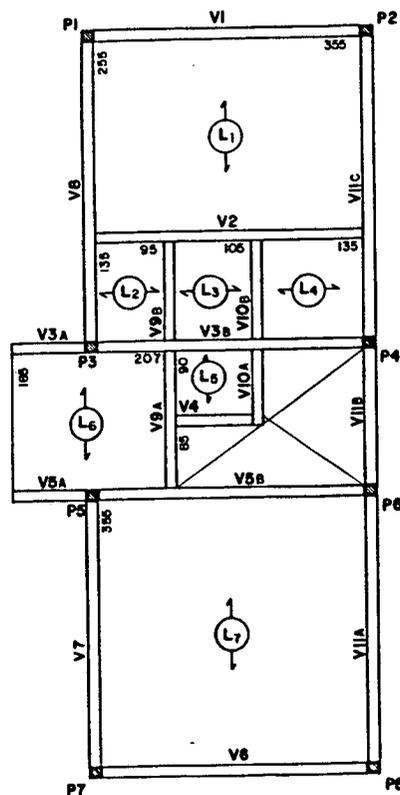
7 - O posicionamento dos pilares nas lajes com vigotes pré-moldados e maciça deverá ser o mesmo.

8 - O posicionamento dos pilares nas lajes nervuradas deverá ser o mesmo.

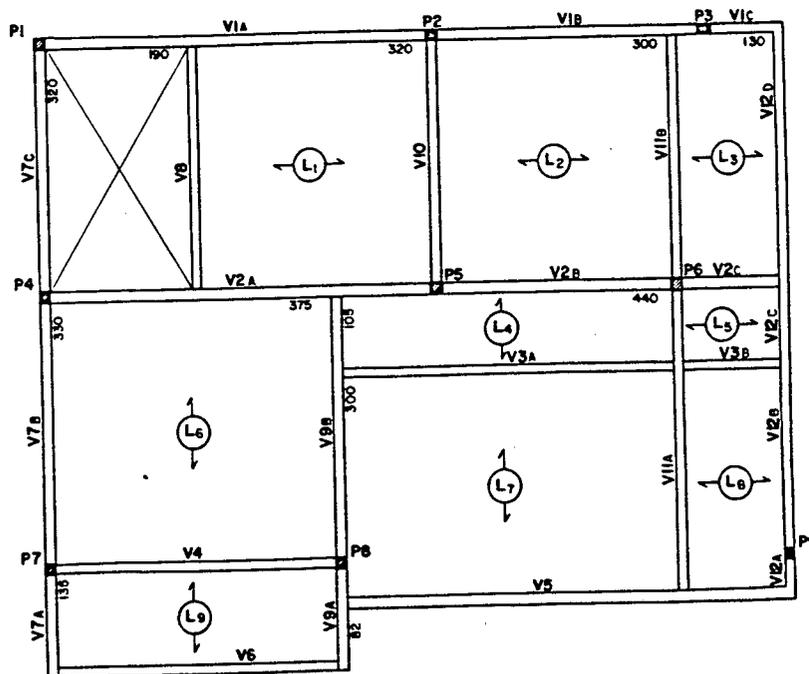
9 - O posicionamento dos pilares nas lajes nervuradas poderá ser reduzido, se comparado com o das lajes com vigotes pré-moldados e laje maciça.

Com estas premissas foram iniciados os projetos estruturais.

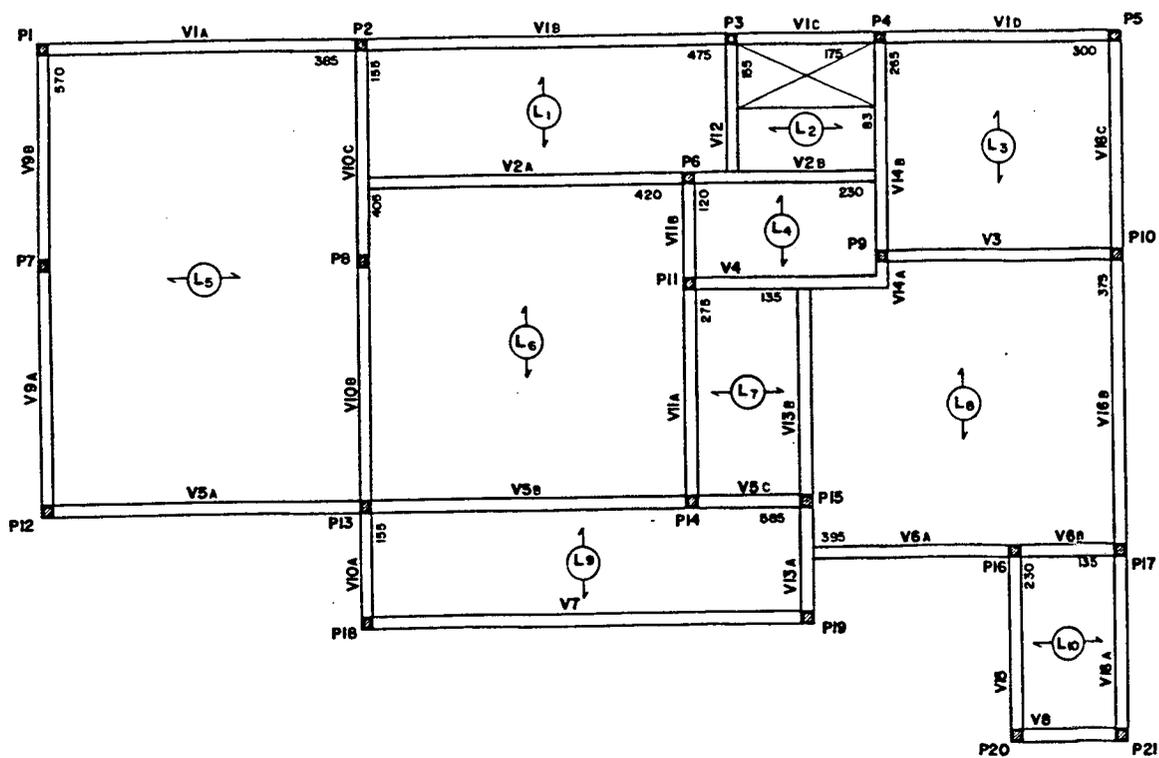
As Figuras 7.4, 7.5 e 7.6 mostram os esquemas de distribuição das lajes, vigas e pilares para utilização de lajes com vigotes pré-moldados e lajes maciças, segundo os modelos de projeto arquitetônico, Pequeno, Médio e Grande, respectivamente. O traço na identificação da laje significa a direção do posicionamento dos vigotes pré-moldados de concreto na laje.



**Figura 7.4 - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados - Projeto Pequeno**



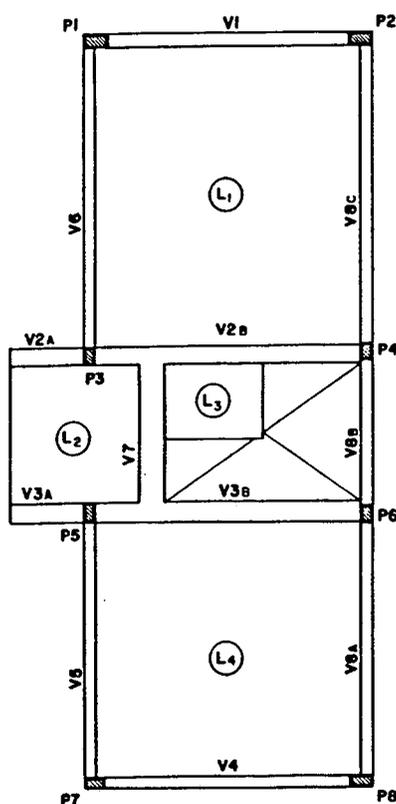
**Figura 7.5 - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados - Projeto Médio**



**Figura 7.6 - Esquema estrutural para lajes maciças e com vigotes pré-moldados - Projeto Grande**

Para as lajes nervuradas, uma nova disposição de vigas foi realizada, na tentativa de se aumentar os vãos livres das lajes.

No Projeto Pequeno, foram eliminadas 3 vigas, permanecendo o mesmo número de pilares. Na Figura 7.7 tem-se a nova disposição dos elementos estruturais.



**Figura 7.7 - Esquema estrutural para lajes nervuradas - Projeto Pequeno**

Para o Projeto Médio, a quantidade de vigas foi reduzida para apenas 8, enquanto os pilares permaneceram no mesmo número. A Figura 7.8 mostra a situação desses elementos estruturais.

Finalmente no Projeto Grande as vigas foram reduzidas para 10, sendo os pilares diminuídos de 21 para apenas 9. O novo esquema estrutural está na Figura 7.9.

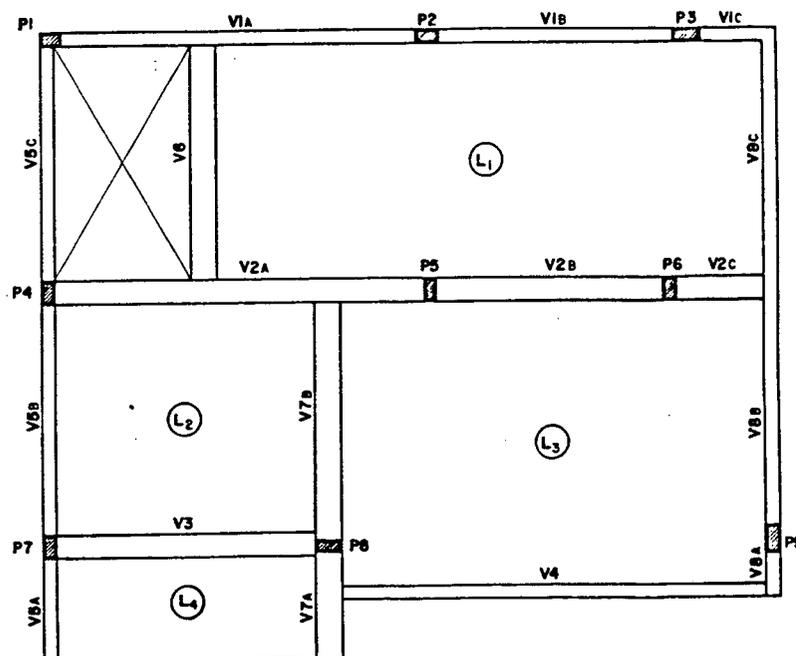


Figura 7.8 - Esquema estrutural para lajes nervuradas - Projeto Médio

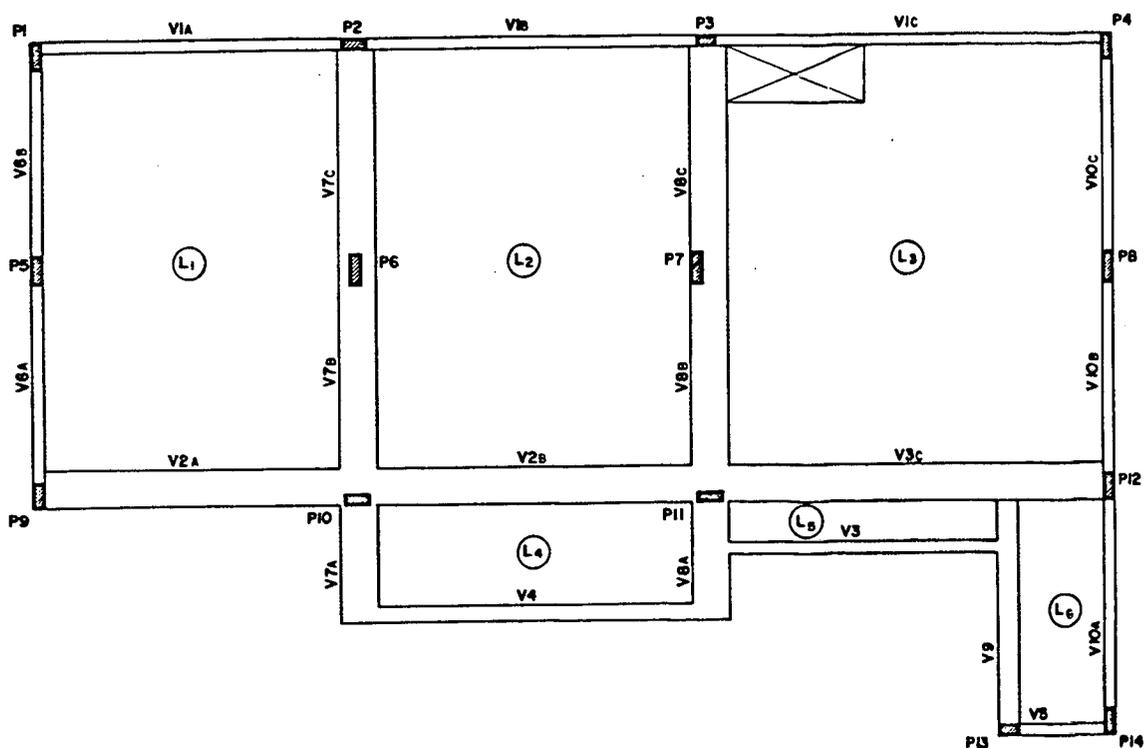


Figura 7.9 - Esquema estrutural para lajes nervuradas - Projeto Grande

## CAPÍTULO 8

### CARGAS

#### 8.1 Cargas Gerais

Antes de iniciar-se o cálculo propriamente dito das lajes e vigas, há necessidade de verificar algumas cargas que são comuns a todos os tipos de lajes em análise. O valor da carga das paredes incidirá diretamente sobre as vigas nas lajes com vigotes pré-moldados e maciças. Para as lajes nervuradas, esta poderá estar sobre a viga ou distribuída em toda a laje.

O peso dos revestimentos das lajes, quer sejam superiores (regularização do piso e o próprio piso) ou inferiores (reboco do teto), serão considerados iguais para todos os tipos de lajes.

A unidade de força recomendada pela NBR-6627/83 (ABNT, 1983), conforme o Sistema Internacional - SI, é o Newton (N). Contudo, como esta unidade ainda não é assimilada por grande parcela da população, utilizar-se-á o quilograma-força (kgf) nos cálculos, lembrando que 1 kgf está sendo considerado equivalente a 10 N.

##### 8.1.1 Peso das paredes de tijolos furados

Para verificar a carga das paredes sobre a estrutura, calcula-se o seu peso por metro quadrado. No entanto, esta não é a carga que irá atuar sobre a viga ou a laje, e sim o produto deste valor pela altura da parede (pé direito). Mas, como há necessidade de se subtrair desta carga o peso equivalente de parede, correspondente à área das esquadrias, é muito mais prático se avaliar a carga incidente para cada viga ou laje, em cada situação particular.

Como citado no item 7.3, o tijolo a ser utilizado será o de 6 furos com dimensões de 10x15x20, usando-se argamassa de assentamento com cimento, cal e areia, numa espessura de 1 centímetro.

A norma NBR-6120/80, estipula para argamassa de cimento, cal e areia um peso específico de  $1900 \text{ kgf/m}^3$ , para argamassa de cimento e areia  $2100 \text{ kgf/m}^3$  e para tijolos furados  $1300 \text{ kgf/m}^3$ .

Com base nestes dados, calcula-se o peso de  $1 \text{ m}^3$  de alvenaria de tijolos, considerando-se o tijolo à "espelho", uma argamassa de assentamento à base de cimento e cal. Deverá também ser computado o revestimento, composto por chapisco de cimento e areia na espessura de 0,5 centímetro e reboco (massa única) de cimento cal e areia, com 1 centímetro de espessura.

Denominando-se então:

ptij - peso de 1 tijolo;

parg - peso de argamassa para apenas 1 tijolo;

ptot - peso de 1 tijolo com a respectiva argamassa;

qtij - número de tijolos para  $1 \text{ m}^2$  de parede;

ptar - peso de  $1 \text{ m}^2$  de parede sem revestimento;

prev - peso do revestimento para  $1 \text{ m}^2$  de parede;

ppar - peso total de  $1 \text{ m}^2$  de parede.

$$ptij = 0,10 \times 0,15 \times 0,20 \times 1300 = 3,90 \text{ kgf}$$

$$parg = 0,10 \times 0,01 \times (0,15 + 0,20 + 0,01) \times 1900 = 0,68 \text{ kgf}$$

$$ptot = 3,90 + 0,68 = 4,58 \text{ kgf}$$

$$qtij = 1,00 / (0,16 \times 0,21) = 29,76 \text{ tijolos}$$

$$ptar = 29,76 \times 4,58 = 136,30 \text{ kgf/m}^2$$

$$prev = 2 \times (0,005 \times 1,00 \times 2100) + 2 \times (0,01 \times 1,00 \times 1900) =$$

$$prev = 21,00 + 38,00 = 59,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$ppar = 136,30 + 59,00 = 195,30 \text{ kgf/m}^2$$

Para efeito de cálculos adotar-se-á para peso, por metro quadrado de paredes de alvenaria de tijolos, o valor de 196 quilogramas-força.

### 8.1.2 Peso das paredes com elementos vazados

As paredes com elementos vazados, cuja dimensão em centímetros adotada para estes, é de 10x19x19, serão executadas com argamassa de cimento e areia, na espessura de 1 centímetro. Ressalta-se, no entanto, que a superfície em contato com a argamassa não é total, e sim, duas áreas de 10 centímetros por 6 centímetros. O peso específico adotado para estes elementos é de 600 kgf/m<sup>3</sup>.

Considerando-se:

pelv - peso de 1 elemento vazado;

parm - peso de argamassa para 1 elemento vazado;

pttl - peso de 1 elemento vazado com argamassa;

qelv - número de elementos vazados para 1m<sup>2</sup> de parede;

pear - peso de 1 m<sup>2</sup> de parede com elementos vazados.

$$pelv = 0,10 \times 0,19 \times 0,19 \times 600 = 2,17 \text{ kgf}$$

$$parm = (3 \times 0,10 \times 0,06 + 0,10 \times 0,07) \times 0,01 \times 2100 = 0,53 \text{ kgf}$$

$$pttl = 2,17 + 0,53 = 2,70 \text{ kgf}$$

$$qelv = 1,00 / 0,20 \times 0,20 = 25 \text{ elementos vazados}$$

$$pear = 25 \times 2,70 = 76,5 \text{ kgf/m}^2$$

Adotar-se-á então, para efeito de cálculos, o valor de 76,5 quilogramas-força por metro quadrado para alvenaria de elementos vazados.

### 8.1.3 Peso dos revestimentos

Embora em alguns casos, na prática, não haja revestimento na superfície inferior das lajes, neste estudo considerar-se-á a situação mais desfavorável, ou seja, a existência de revestimentos nas superfícies superior e inferior.

O revestimento superior das lajes será composto de uma regularização com cimento e areia com espessura de 3 centímetros, sobre a qual será assentado um piso cerâmico com espessura de 1 centímetro, este último com peso específico de  $1800 \text{ kgf/m}^3$ .

Para revestimento inferior utilizar-se-á um chapisco com argamassa de cimento e areia e um reboco de cimento, cal e areia com espessuras de 0,5 cm e 1,0 cm, respectivamente.

Denominando:

pps - peso do revestimento para  $1 \text{ m}^2$  de piso

pfr - peso do revestimento para  $1 \text{ m}^2$  de forro

$$\text{pps} = 0,03 \times 1,00 \times 2100 + 0,01 \times 1,00 \times 1800 = 81,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{pfr} = 0,005 \times 1,00 \times 2100 + 0,01 \times 1,00 \times 1900 = 29,50 \text{ kgf/m}^2$$

Será adotado então, para peso por metro quadrado de revestimento superior, o valor de 81,00 quilogramas-força, enquanto que para o revestimento inferior será 29,5 quilogramas-força.

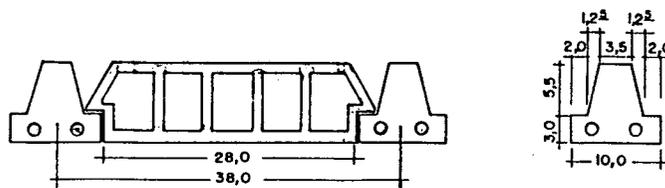
## 8.2 Peso próprio das lajes

Como ainda não se tem definidas as alturas das diversas lajes para os diferentes modelos de edificação, os cálculos apresentados a seguir, admitirão algumas alturas mais prováveis a serem utilizadas.

### 8.2.1 Laje com vigotes pré-moldados

O fato de não existir uma norma brasileira que defina dimensões para os vigotes pré-moldados e as informações conseguidas através de bibliografia estrangeira (Apolo, 1979), (LNEC, 1984), diferem em muito dos modelos utilizados nesta região, optou-se por buscar as informações nas indústrias locais.

A grande maioria dos fabricantes utiliza vigotes e tijolos segundo as dimensões apresentadas na **Figura 8.1**. Quanto aos blocos cerâmicos, as larguras são variáveis, encontrando-se desde 25 cm até 41 cm. Em razão destas diferenças será adotado como valor de cálculo para o inter-eixo dos vigotes, 38 centímetros.



**Figura 8.1 - Dimensões dos elementos da laje com vigotes pré-modados, em centímetros**

Finalmente, necessita-se determinar a espessura da capa de concreto. Segundo DI PIETRO (1993), para as características destes projetos, esta deve ter, no mínimo, de 3 cm. Todavia, como este valor é considerado sobre os vigotes, e a superfície superior deles e dos blocos não é uniforme, será adotado para efeito de peso próprio uma altura de capeamento de 3,5 centímetros.

Utilizando-se então os valores dos pesos específicos dos materiais dados pelas normas brasileiras, e considerando:

$p_v$  - peso de 1 m de vigote para uma faixa

$p_b$  - peso de 1 m de bloco para uma faixa

$p_c$  - peso de 1 m de capa para uma faixa

$p_t$  - peso de 1 m de uma faixa de laje

$$p_v = (0,055 \times (0,035 + 0,06) / 2 + 0,10 \times 0,03) \times 1,00 \times 2500$$

$$p_v = 0,0056125 \times 2500 = 14,03 \text{ kgf/m}$$

$$p_b = ((0,25 \times 0,03) + 0,29 \times 0,02 + 0,025 \times (0,29 + 0,21) / 2) \times 600 =$$

$$p_b = 0,01955 \times 600 = 11,73 \text{ kgf/m}$$

$$p_c = ((0,035 \times 0,38) + 2 \times (0,025 \times 0,055 / 2)) \times 2500 =$$

$$p_c = 0,014675 \times 2500 = 36,69 \text{ kgf/m}$$

$$p_t = 14,03 + 11,73 + 36,69 =$$

$$p_t = 62,45 \text{ kgf/m}$$

Como no cálculo das lajes, a carga é adotada por metro quadrado, deve-se ampliar a faixa considerada e acrescentar, ainda, o peso dos revestimentos inferior e superior, calculados em 8.1.3. Denominando então:

pp - peso de 1 m<sup>2</sup> de laje sem revestimentos

pl - peso de 1 m<sup>2</sup> de laje com revestimentos

$$pp = 62,45/0,38 = 164,34 \text{ kgf/m}^2$$

$$pl = 164,34 + 29,50 + 81,00 = 274,84 \text{ kgf/m}^2$$

Por questão meramente prática, arredondar-se-á este valor para 275 quilogramas-força por metro quadrado de laje.

### 8.2.2 Laje maciça

Para o cálculo do peso próprio das lajes maciças, o processo é muito mais simples. Por ser uma seção monolítica, é suficiente encontrar-se o seu volume e multiplicá-lo pelo peso específico do concreto. Todavia, não se conhece ainda a altura das lajes nos diversos modelos arquitetônicos. Como solução, calcular-se-á o peso próprio para três alturas diferentes, adotando-se, quando do cálculo estrutural, o valor correspondente à altura necessária, em função do respectivo cálculo.

Assim sendo, as alturas a serem adotadas serão de 7 cm, 8 cm e 9 cm, acrescentando-se o peso dos revestimentos inferior e superior. Tem-se pois:

pp7 - peso total de 1 m<sup>2</sup> de laje maciça com 7 cm de espessura

pp8 - peso total de 1 m<sup>2</sup> de laje maciça com 8 cm de espessura

pp9 - peso total de 1 m<sup>2</sup> de laje maciça com 9 cm de espessura

$$pp7 = 0,07 \times 1,00 \times 1,00 \times 2500 + 29,50 + 81,00 =$$

$$pp7 = 285,50 \text{ kgf/m}^2$$

$$pp8 = 0,08 \times 1,00 \times 1,00 \times 2500 + 29,50 + 81,00 =$$

$$pp8 = 310,50 \text{ kgf/m}^2$$

$$pp9 = 0,09 \times 1,00 \times 1,00 \times 2500 + 29,50 + 81,00 =$$

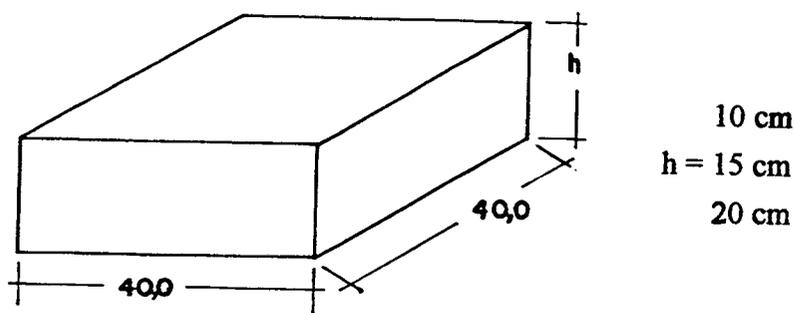
$$pp9 = 335,50 \text{ kgf/m}^2$$

Adotar-se-á pois, para peso próprio por metro quadrado de laje maciça os valores de 286 kgf, 311 kgf e 336 kgf para as espessuras de 7 cm, 8 cm e 9 cm, respectivamente.

### 8.2.3 Lajes nervuradas

No cálculo do peso próprio das lajes nervuradas adotar-se-á, também, três alturas diferentes para cada um dos materiais a serem utilizados. A razão deve-se ao fato, já mencionado anteriormente, de não se ter conhecimento, neste momento, da altura real de cada uma delas. Também mostra-se interessante tal procedimento, por propiciar uma comparação dos próprios pesos, para diferentes alturas, em relação ao material que será aplicado.

As alturas (h) adotadas serão de 14 cm, 19 cm e 24 cm. A **Figura 8.2** mostra as dimensões do material inerte componente deste tipo de laje, salientando-se que esses valores são válidos para os três tipos de laje nervurada, em estudo.



**Figura 8.2 - Dimensões do material inerte das lajes nervuradas**

Na **Tabela 8.1**, tem-se, em suas colunas, a seqüência de elementos do cálculo para determinação do peso próprio de cada um dos tipos de laje, segundo a metodologia corrente. Estas colunas são caracterizadas por siglas que têm o seguinte significado:

ALT - altura total da laje nervurada;

V.O.M. - volume ocupado pelo material inerte;

A.M.C. - área do módulo considerado;

AL.Cp. - altura correspondente do material inerte em relação ao módulo;

AL.Cr. - altura equivalente de concreto;

P.M.I. - peso do material inerte;

P.P.C. - peso do concreto;

P.Rev. - peso do revestimento superior e inferior;

Total - peso próprio total.

**Tabela 8.1 - Valor das cargas para os três tipos de lajes nervuradas**

#### **Felcistireno expandido**

Alt. cm	V.O.M. m <sup>3</sup>	A.M.C. m <sup>2</sup>	Al.Cp. m	Al.Cr. m	P.M.I. kg/m <sup>2</sup>	P.P.C. kg/m <sup>2</sup>	P.Rev. kg/m <sup>2</sup>	Total kg/m <sup>2</sup>
14	0,0160	0,1936	0,0826	0,0574	1,3	143,4	110,5	255,2
19	0,0240	0,1936	0,1240	0,0660	1,9	165,1	110,5	177,5
24	0,0320	0,1936	0,1653	0,0747	2,5	186,8	110,5	299,8

#### **Concreto celular autoclavado**

Alt. cm	V.O.M. m <sup>3</sup>	A.M.C. m <sup>2</sup>	Al.Cp. m	Al.Cr. m	P.M.I. kg/m <sup>2</sup>	P.P.C. kg/m <sup>2</sup>	P.Rev. kg/m <sup>2</sup>	Total kg/m <sup>2</sup>
14	0,0160	0,1936	0,0826	0,0574	33,9	143,4	110,5	287,8
19	0,0240	0,1936	0,1240	0,0660	50,9	165,1	110,5	326,5
24	0,0320	0,1936	0,1653	0,0747	67,8	186,8	110,5	365,1

## Blocos cerâmicos

Alt. cm	V.O.M. m <sup>3</sup>	A.M.C. m <sup>2</sup>	Al.Cp. m	Al.Cr. m	P.M.I. kg/m <sup>2</sup>	P.P.C. kg/m <sup>2</sup>	P.Rev. kg/m <sup>2</sup>	Total kg/m <sup>2</sup>
14	0,0160	0,1936	0,0826	0,0574	107,4	143,4	110,5	361,3
19	0,0240	0,1936	0,1240	0,0660	161,2	165,1	110,5	436,8
24	0,0320	0,1936	0,1653	0,0747	214,9	186,8	110,5	512,2

### 8.3 Carga Acidental

Para a carga acidental, os valores utilizados são os indicados na NBR-6120/80, tabela 2, item 11., para dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro. O valor especificado é de 150 quilogramas-força por metro quadrado. Como nos projetos arquitetônicos os cômodos se resumem a quartos e banheiro, adotar-se-á os valores acima para todos os modelos de projeto.

### 8.4 Carga Total

A Tabela 8.2 discrimina a carga total a ser utilizada no cálculo estrutural para cada tipo de laje. Com estes elementos, pode-se ter uma visão global dos valores em função do tipo de laje, do material empregado e da altura correspondente. São utilizadas como siglas:

LAJMAC - laje maciça

LAJPRE - laje com vigotes pré-moldados

LAJNPE - laje nervurada com poliestireno expandido

LAJNCC - laje nervurada com concreto celular autoclavado

LAJNBC - laje nervurada com bloco cerâmico

Deve ser salientado ainda que, para as lajes nervuradas não estão incluídas as cargas das paredes, as quais serão distribuídas em algumas lajes específicas. Estes valores serão incluídos diretamente na carga da respectiva laje.

Tabela 8.2 - Cargas totais nas laje

TIPO DE LAJE	ALTURA TOTAL (cm)	CARGA TOTAL (kgf/m <sup>2</sup> )
LAPRE	12	425,00
LAJMAC	7	436,00
	8	461,00
	9	486,00
LAJNPE	14	405,20
	19	427,50
	24	449,80
LAJNCC	14	437,80
	19	476,50
	24	515,10
LAJNBC	14	511,30
	19	586,80
	24	662,20

## CAPÍTULO 9

### DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA E CONSUMO DOS PRINCIPAIS MATERIAIS DAS VIGAS E LAJES

#### 9.1 Cálculo e dimensionamento das lajes

Com os valores calculados para as cargas em cada um dos tipos de laje e as suas respectivas dimensões, contidas no projeto estrutural, é possível então, calcular os momentos solicitantes nos vãos das lajes e suas respectivas armaduras.

Por questões de praticidade, este processo, no presente estudo, foi realizado com o auxílio de um programa computacional, denominado "tec-laje", da software. Por não ser um programa de última geração, fornece dados intermediários, os quais permitem um controle maior dos parâmetros de estudo.

Como elementos de entrada, além dos acima citados, usar-se-á, como resistência característica do concreto, por recomendação técnica, o valor de 15,0 MegaPascal - MPa ou seja 150 quilogramas-força por centímetro quadrado - kgf/cm<sup>2</sup>. Quanto ao aço, será utilizado o tipo Concreto Armado com resistência de 6000 kgf/mm<sup>2</sup>, encruado (CA-60B).

A armadura mínima segundo as normas brasileiras é de quinze por cento da sua altura, descontando-se o seu cobrimento (0,15 h). Na prática, grande parte dos calculistas utilizam os valores do Comité Euro-International du Béton - CEB (1978), que recomenda apenas dez por cento da altura da laje (0,1 d). Como não se tem claro qual dos critérios a adotar, pois conceituados profissionais utilizam os dois, optou-se, neste trabalho, pela utilização para as lajes de menor altura (maciças) a norma brasileira e para as de maior altura (nervuradas) as normas européias.

Para as lajes maciças foram adotados os critérios da NBR-6118/82 (1982), que são os seguintes:

- os espaçamentos máximos da armadura deverão ser o menor valor entre 20 cm ou de 2 vezes a altura das lajes, para as lajes armadas em uma direção e 33 cm para a direção de menor momento ou para armadura de distribuição;

- somente poderá ser utilizado barras de aço em posição alternada para espaçamentos menores que 17 cm. Para vãos isolados são tomados 85% do comprimento

calculado. Para vãos extremos e centrais os percentuais são de 75% e 70%, respectivamente;

- para a armadura negativa toma-se 25% do maior, entre os menores vãos adjacentes à viga considerada. Este comprimento ainda deve ser acrescido de 50% quando colocados alternadamente com  $1/3$  e  $2/3$  do seu comprimento para cada lado da viga.

Nas lajes com vigotes pré-moldados deve existir uma armadura adicional de distribuição. Este aço, tem como finalidade evitar fissuras de retração e dilatação térmica. Embora alguns calculistas admitam que não haja necessidade de armaduras negativas, pois os vigotes são calculados como elementos isostáticos, estas serão consideradas, pois as empresas fabricantes recomendam a seus clientes a sua utilização. Para esta armadura de amarração, de maneira geral, é recomendado a utilização do fio mais fino comercializado no mercado ou seja, o de diâmetro de 3,4 mm, espaçados de 30 cm entre si, em ambas as direções. Cabe salientar ainda, que esta malha poderia ser substituída por uma de tela soldada, resultando num ganho de mão-de-obra mas, em contrapartida, apresentaria um aumento no seu custo de aquisição.

Finalmente, nas lajes nervuradas, foram adotadas as mesmas exigências das normas brasileiras, alterando-se apenas os critérios de armadura mínima, utilizando-se as recomendações do CEB.

Com estes elementos foram calculadas e dimensionadas as respectivas lajes para os três modelos de projeto, em cada uma das alternativas construtivas. Na **Tabela 9.1**, apresenta-se um resumo dos valores obtidos para o peso das armaduras, adotando-se o índice unitário para o valor da laje com vigote pré-moldado. Desta forma, permite-se a observação imediata da sua relação com os demais elementos.

O pequeno valor encontrado para as lajes com vigotes pré-moldados está em função de não se ter considerado o aço dos vigotes. Mas, mesmo que assim o fosse, o seu valor, segundo DI PIETRO (1993), seria de 174,00 kgf que, adicionados aos 126,52 kgf, totalizariam 301,42 kgf, ainda bem menor que os demais tipos de lajes.

Outra característica apresentada é o valor semelhante para todas as lajes nervuradas. Tal fato é justificado pela adoção de armadura mínima em praticamente todas as lajes, devido a grande altura e o pequeno vão das mesmas.

Outros dois materiais, de maior significado na estrutura, foram calculados e um resumo dos resultados obtidos está na **Tabela 9.2**, indicando-se também, o índice unitário para os valores referentes à laje com vigotes pré-moldados. Salienta-se ainda, que não estão incluídos o concreto dos vigotes. A área de fôrma refere-se apenas àquela em contato com o concreto.

**Tabela 9.1 - Consumo de armadura por tipo de laje e projeto arquitetônico**

PROJETO	TIPO DE LAJE	ARMADURA (kgf)			ÍNDICE
		POSITIVA	NEGATIVA	TOTAL	
Pequeno	LAJPRE	19,01	2,20	21,21	1,00
	LAJMAC	51,87	10,14	62,01	2,92
	LAJNPE	64,19	5,58	69,77	3,29
	LAJNCC	64,30	5,64	69,94	3,30
	LAJNBC	64,50	5,80	70,30	3,31
Médio	LAJPRE	32,38	13,12	45,50	1,00
	LAJMAC	97,62	33,15	120,77	3,73
	LAJNPE	186,36	32,64	219,00	4,81
	LAJNCC	185,21	33,88	219,09	4,82
	LAJNBC	185,32	34,62	219,94	4,83
Grande	LAJPRE	46,21	13,60	59,81	1,00
	LAJMAC	164,97	57,60	222,57	4,82
	LAJNPE	235,57	55,21	290,78	4,86
	LAJNCC	235,28	55,56	290,84	4,86
	LAJNBC	233,35	59,09	292,44	4,89
Total	LAJPRE	97,60	28,29	126,52	1,00
	LAJMAC	304,46	100,89	405,35	4,15
	LAJNPE	486,12	93,43	579,55	4,58
	LAJBCC	484,79	95,08	579,87	4,58
	LAJNBC	483,17	99,51	582,68	4,61

Um ponto que chama a atenção é o alto valor do consumo de concreto para as lajes maciças, apesar de sua altura menor em relação as lajes nervuradas.

Na área das fôrmas não foi indexado o valor das lajes com vigotes pré-moldados para não mascarar os resultados, uma vez que os seus valores referem-se a área lateral das referidas lajes, pois não há fôrmas na sua base, cuja função é realizada pelos vigotes e blocos cerâmicos.

## 9.2 Cálculo e dimensionamento das vigas

De posse das reações das lajes, montou-se o esquema estrutural simplificado, acrescentando-se ainda o peso próprio das vigas e as cargas das paredes. Estes valores compõem o Apêndice A do presente trabalho.

**Tabela 9.2 - Volume de concreto e área das fôrmas para as lajes**

PROJETO	TIPO DE LAJE	VOLUME DE CONCRETO (m <sup>3</sup> )	ÍNDICE	ÁREA DA FÔRMA (m <sup>2</sup> )	ÍNDICE
Pequeno	LAJPRE	1,051	1,00	3,11	-
	LAJMAC	2,101	2,00	31,83	1,00
	LAJNPE	1,654	1,57	31,88	1,00
	LAJNCC	1,648	1,57	31,88	1,00
	LAJNBC	1,635	1,56	31,57	0,99
Médio	LAJPRE	2,258	1,00	4,35	-
	LAJMAC	5,162	2,29	67,42	1,00
	LAJNPE	3,773	1,67	64,06	0,95
	LAJNCC	3,711	1,64	63,12	0,94
	LAJNBC	3,637	1,61	62,00	0,92
Grande	LAJPRE	3,100	1,00	6,02	-
	LAJMAC	7,086	2,29	92,59	1,00
	LAJNPE	5,828	1,88	97,83	1,06
	LAJNCC	5,749	1,85	96,63	1,04
	LAJNBC	5,611	1,81	94,54	1,02
Total	LAJPRE	6,409	1,00	13,48	-
	LAJMAC	14,349	2,24	191,84	1,00
	LAJNPE	11,256	1,76	193,77	1,01
	LAJNCC	11,108	1,73	191,63	1,00
	LAJNBC	10,883	1,70	188,11	0,98

Posteriormente, com o auxílio do mesmo programa de computador iniciou-se o respectivo cálculo e dimensionamento. Foram utilizados como dados adicionais:

- resistência característica do concreto de 150 kgf/cm<sup>2</sup>;
- aço para a armadura principal CA-50A e para cizalhamento CA-60B;
- cobertura da armadura de 1,5 cm.

Para o cálculo da altura das vigas considerou-se sempre como sub-armadas, exceto as vigas "chatas" com largura superior a 15 cm, as quais foram consideradas como super-armadas. A Tabela 9.3 apresenta o resumo das armaduras das vigas, tanto a principal como a dos estribos. Pode-se verificar que apesar da laje maciça ter uma carga maior, o peso total das armaduras, em relação à pré-moldada, é praticamente o mesmo.

Na Tabela 9.4 estão os valores referentes ao volume de concreto e a área das respectivas fôrmas. Deve ser salientado que para a área das fôrmas das vigas "chatas" das lajes nervuradas, foi considerada apenas a área referente à sua base. Também o volume da concreto entre as vigas das lajes com vigotes pré-moldados e maciça é indêntico.

Tabela 9.3- Peso da armadura para as vigas

PROJETO	TIPO DE LAJE	ARMADURA (kgf)			ÍNDICE
		PRINCIPAL	ESTRIBOS	TOTAL	
Pequeno	LAJPRE	99,58	22,74	122,32	1,00
	LAJMAC	101,17	22,57	123,74	1,01
	LAJNPE	102,50	36,72	139,22	1,14
	LAJNCC	106,87	38,75	145,62	1,19
	LAJNBC	112,81	42,85	155,66	1,27
Médio	LAJPRE	97,68	49,55	247,23	1,00
	LAJMAC	183,78	46,99	230,77	0,93
	LAJNPE	248,91	77,68	326,59	1,32
	LAJNCC	266,50	90,18	356,68	1,44
	LAJNBC	291,77	104,67	396,44	1,60
Grande	LAJPRE	171,48	44,15	215,63	1,00
	LAJMAC	175,07	42,14	217,21	1,01
	LAJNPE	230,45	78,66	309,11	1,43
	LAJNCC	233,45	89,95	323,40	1,50
	LAJNBC	271,22	99,01	370,23	1,72
Total	LAJPRE	457,05	116,44	573,49	1,00
	LAJMAC	460,02	111,69	571,71	1,00
	LAJNPE	581,86	193,06	774,92	1,35
	LAJNCC	606,82	218,88	825,70	1,44
	LAJNBC	675,80	246,53	922,33	1,61

Quanto ao valor reduzido das fôrmas para as lajes nervuradas justifica-se pela existência das vigas "chatas", cuja área lateral está em contato direto com as respectivas lajes, dispensando a sua utilização.

### 9.2.1 Composição das cargas nas vigas

Outro parâmetro calculado nestes três projetos em estudo foi a composição das cargas nas vigas. Foram analisadas as cargas, de forma ponderada, tramo à tramo, nos três modelos de projeto arquitetônico e em todos os tipos de lajes estudadas, num total de 362 tramos, distribuídos de acordo com a Tabela 9.5.

**Tabela 9.4 - Volume de concreto e área das fôrmas das vigas**

PROJETO	TIPO DE LAJE	VOLUME DE CONCRETO (m <sup>3</sup> )	ÍNDICE	ÁREA DA FÔRMA (m <sup>2</sup> )	ÍNDICE
Pequeno	LAJPRE	1,439	1,00	22,48	1,00
	LAJMAC	1,453	1,01	27,24	1,21
	LAJNPE	1,421	0,99	15,59	0,69
	LAJNCC	1,464	1,02	16,04	0,71
	LAJNBC	1,555	1,08	16,99	0,76
Médio	LAJPRE	2,832	1,00	46,20	1,00
	LAJMAC	2,904	1,03	54,40	1,18
	LAJNPE	3,336	1,18	25,27	0,55
	LAJNCC	3,545	1,25	25,57	0,55
	LAJNBC	3,963	1,40	27,53	0,60
Grande	LAJPRE	2,389	1,00	35,88	1,00
	LAJMAC	2,407	1,01	42,84	1,19
	LAJNPE	3,370	1,41	23,44	0,65
	LAJNCC	3,651	1,53	25,25	0,70
	LAJNBC	4,130	1,73	28,30	0,79
Total	LAJPRE	6,660	1,00	104,56	1,00
	LAJMAC	6,674	1,02	124,48	1,19
	LAJNPE	8,127	1,22	64,30	0,61
	LAJNCC	8,660	1,30	66,86	0,64
	LAJNBC	9,648	1,45	72,82	0,70

**Tabela 9.5 - Quantidade de tramos analisados para a composição das cargas nas vigas**

PROJETO	LAJPRE	LAJMAC	LAJNPE	LAJNCC	LAJNBC	TOTAL
Pequeno	25	25	16	16	16	98
Médio	30	30	20	20	20	120
Grande	39	39	22	22	22	144
Total	94	94	58	58	58	362

A Tabela 9.6 apresenta os percentuais de participação de cada tipo de carga, no total que a viga deve suportar. Pode-se afirmar que para os três tipos de laje, nos projetos em estudo, aproximadamente 15% da carga da viga provém de seu peso próprio, 45% da carga das lajes e 40% do peso das paredes. Observa-se no entanto, que os valores que formaram esta média são muito heterogêneos, variando muito em relação ao tipo de laje considerado.

**Tabela 9.6- Formação percentual da carga nas vigas segundo o tipo de carga**

PROJETO	PESO	LAJPRE	LAJMAC	LAJNPE	LAJNCC	LAJNBC	MÉDIA
Pequeno	próprio	15,47	12,18	16,06	15,44	15,71	14,76
	laje	38,25	45,86	50,73	51,06	56,21	47,25
	parede	46,27	41,95	33,20	33,51	28,07	37,98
Médio	próprio	19,69	14,17	14,74	14,45	14,01	15,66
	laje	25,88	36,80	42,70	42,75	44,93	37,40
	parede	54,42	49,01	42,54	42,79	41,05	43,41
Grande	próprio	13,82	10,90	21,33	21,57	21,25	16,50
	laje	38,33	50,53	52,24	52,14	54,51	48,34
	parede	47,84	38,56	26,42	26,28	24,22	35,15
Média	próprio	15,99	12,28	17,60	17,42	17,23	15,74
	laje	34,59	44,92	48,55	48,61	51,68	44,32
	parede	49,42	42,80	33,85	33,97	31,09	39,94

### 9.2.2 Pré-dimensionamento de vigas para lajes com vigotes pré-moldados e maciças

Um dos elementos importantes, principalmente para os arquitetos, no que se refere a conhecimento de sistemas estruturais, é o pré-dimensionamento de vigas. Assim ele poderá estimar a altura de determinadas vigas e "sentir" a sua interferência na estética interna do cômodo ou da própria fachada.

Os parâmetros existentes hoje indicam apenas um número base, segundo o tipo de viga (isolada, contínua ou em balanço), não se importando com a existência ou não de paredes, lajes e de vigas sendo apoiadas por outras vigas. Este procedimento tem se revelado prejudicial aos estudantes de arquitetura que passam a interpretar que o dimensionamento das vigas depende unicamente do seu próprio vão.

A Tabela 9.7, obtida através da análise dos resultados dos três projetos modelo, leva em consideração todos os elementos acima citados. Salienta-se que a tabela somente poderá ser usada para vigas comuns, de largura entre 10 e 15 cm. Os valores devem ser somados e o seu resultado refere-se ao percentual que, multiplicado pelo vão, resultará na altura da respectiva viga. Ressalta-se que para as vigas contínuas deve ser tomado, como elemento de dimensionamento, o tramo de maior vão.

Como todo pré-dimensionamento, o resultado apresentado é uma simples estimativa de valores, não podendo, portanto, ser adotado como definitivo para a execução de uma construção.

Uma situação particular apresenta-se quando uma dimensão da laje é mais que o dobro da outra. Neste caso, a laje deve ser armada numa só direção e a utilização do quadro deve ser semelhante ao adotado para as lajes com vigotes pré-moldados, ou seja, a carga da laje será distribuída apenas para as duas vigas paralelas mais próximas entre si.

**Tabela 9.7 - Elementos para pré-dimensionamento de vigas para lajes com vigotes pré-moldados e maciça**

CARACTERÍSTICAS	V I G A S		
	ISOLADA	CONTÍNUA	BALANÇO
Índice base	7,5%	6,0%	13,0%
parede: sem abertura com abertura	1,0%		4,0%
	0,8%		3,0%
viga suportando laje	0,3% por metro		1,0% por metro
viga suportando viga	0,3% por metro		1,0% por metro
Percentual a ser aplicado	$\Sigma$ %		$\Sigma$ %

Para verificar a precisão destes índices foi realizada uma aplicação desta proposta nos projetos modelo, comparando-se com a altura média das respectivas vigas obtida no cálculo estrutural e no sistema usual de pré-dimensionamento (1/12 do vão para vigas hiperestáticas e 1/10 do vão para vigas isostáticas). Os resultados, indicados a seguir, demonstram que os valores do novo sistema estão bem mais próximos das alturas realmente calculadas.

Cálculo estrutural	LAJPRE - 31 cm
	LAJMAC - 31 cm
Pré-dimensionamento usual	LAJPRE - 35 cm
	LAJMAC - 35 cm
Novo pré-dimensionamento	LAJPRE - 30 cm
	LAJMAC - 32 cm

### 9.3 Cargas nos pilares

Neste trabalho não serão dimensionados os pilares porque pouquíssimos deles extrapolariam a dimensão mínima prevista pelas normas brasileiras. Contudo é importante conhecer-se a variação no total das cargas para que, numa situação em que a

edificação tenha mais de dois pavimentos, seja possível avaliar as diferenças entre os tipos de lajes analisados. Sendo assim, com base nos resultados obtidos no cálculo das vigas, verificou-se o montante das cargas nos respectivos pilares.

Deve se salientado, que no projeto Grande, houve uma redução no número de pilares para o cálculo das lajes nervuradas. No entanto, em nada altera a análise global, uma vez que interessa somente o total das cargas nos diferentes projetos, em função do tipo de laje calculado.

A Tabela 9.8 contém os valores obtidos para as cargas nos pilares nos três modelos de projeto e para cada tipo de laje.

**Tabela 9.8 - Resumo das cargas nos pilares**

	Em kgf				
PROJETO	LAJPRE	LAJMAC	LAJNPE	LAJNCC	LAJNBC
Pequeno	33932	35337	33099	34264	37289
Médio	62457	67913	66707	71573	79820
Grande	70120	75603	75487	81106	92948
Total	166509	178853	175293	186943	210057
Índice	1,00	1,07	1,05	1,12	1,26

Os resultados comprovam que o efeito da redução no peso próprio das lajes tem interferência reduzida sobre os pilares e, conseqüentemente, sobre as fundações.

## CAPÍTULO 10

### CUSTOS DE EXECUÇÃO DAS LAJES E VIGAS

A partir do dimensionamento dos elementos do projeto estrutural e das características dos materiais previstos para serem utilizados na execução das vigas e das lajes montou-se o quadro de quantitativos, baseado no programa de computador (Apêndice B), elaborado para tal fim.

Os parâmetros para materiais e mão-de-obra foram extraídos da Tabela de Composição de Preços para Orçamento - TCPO (1988), com pequenas adaptações, quando não se referiam exatamente ao elemento procurado.

Os preços dos materiais foram coletados em três estabelecimentos comerciais da região, transformados em dólar no seu valor oficial, correspondente a data do levantamento. O período de pesquisa abrangeu os meses de março a maio de 1993, em semanas diferentes em cada mês. Aqueles materiais que são comercializados por representante exclusivo tiveram seus preços fornecidos pelos mesmos para a praça de Florianópolis.

Os preços de mão-de-obra foram obtidos no Sindicato da Indústria da Construção - SINDUSCON/SC, com base em pesquisa mensal realizada por aquela entidade nos meses de janeiro à maio de 1993, entre os seus filiados.

O índice utilizado para as leis sociais, também foi fornecido pelo SINDUSCON/SC, de acordo com a legislação vigente.

Deve ser salientado que nas quantidades dos materiais e serviços estão incluídas as vigas de sustentação das lajes. Não se incluem perdas de materiais, em razão da indefinição existente quanto aos percentuais reais a serem utilizados.

#### 10.1 Custo da laje com vigotes pré-moldados

Os resultados para a laje com vigotes pré-moldados estão discriminados na Tabela 10.1. Cabe observar que o preço obtido para os vigotes e blocos é inferior ao citado por DI PIETRO (1993), cujo valor é de US \$ 4,52. Tal redução pode ser justificada devido a grande concorrência existente no mercado, aliada a simplicidade de fabricação dos vigotes. Isto propicia o surgimento de "indústrias de fundo de quintal", que podem gerar baixa qualidade dos produtos, tanto na confecção como no dimensionamento dos vigotes, a fim de reduzir o consumo dos

materiais mais caros (aço e cimento). Outro fator para o baixo preço é, muitas vezes, a burla ao fisco, quer seja no pagamento das leis sociais dos empregados ou na venda de material sem a respectiva nota fiscal.

Outros pontos que merecem destaque é a quase inexistência de fôrmas para as lajes, a simplicidade de sua montagem, reduzindo o tempo para a sua execução e evitando a contratação de operários de outra categoria profissional (carpinteiro e armador), uma vez que o pedreiro e o servente podem executar todo o serviço.

**Tabela 10.1 - Custos para a execução da laje com vigotes pré-moldados**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	PREÇO (em US\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Vigotes e tijolos	182	m <sup>2</sup>	4,04	735,28
2	Fôrmas				
2.1	Tábuas 2,5x20x250	290	un	1,35	391,50
2.2	Sarrafos 2,5x5	949	m	0,14	132,86
2.3	Escoras Ø 7,5x300	319	un	0,72	229,68
2.4	Prego 17x27	26,3	kg	1,15	30,25
3	Armadura				
3.1	Aço	715	kg	0,61	436,15
3.2	Arame recozido	12,4	kg	1,63	20,21
4	Concreto				
4.1	Cimento	52,08	sc	6,94	361,44
4.2	Areia	5,69	m <sup>3</sup>	6,49	36,93
4.3	Brita	7,39	m <sup>3</sup>	18,61	137,52
5	Mão-de-obra				
5.1	Pedreiro	367	h	0,81	297,27
5.2	Servente/ajudante	470	h	0,50	235,00
6	Leis sociais	146	%	532,27	777,11
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>3821,20</b>	
<b>TOTAL POR m<sup>2</sup></b>				<b>21,00</b>	

## 10.2 Custo da laje maciça

Neste tipo de laje, cujos valores encontram-se na Tabela 10.2, o maior problema é o consumo excessivo de madeira para o assoalho das fôrmas. Quando não há condições de uma reutilização das mesmas, todo este material, normalmente, é desperdiçado. Também, o tempo necessário à sua execução consumindo muitas horas de mão-de-obra, em especialidades diferentes, proporciona dificuldades para a administração da obra, principalmente se for controlada pelo seu proprietário, normalmente sem experiência nesta função.

**Tabela 10.2 - Custos para a execução da laje maciça**

ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	PREÇO (em US\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Fôrmas				
1.1	Madeirit	74	un	10,96	811,04
1.2	Tábuas 2,5x20x250	447	un	1,35	603,45
1.3	Tábuas 2,5x10x250	219	un	0,68	148,92
1.4	Sarrafos 2,5x5	935	m	0,14	130,90
1.5	Escoras Ø 7,5x300	468	un	0,72	336,96
1.6	Prego 17x27	61,5	kg	1,15	70,73
2	Armadura				
2.1	Aço	978	kg	0,61	596,58
2.2	Arame recozido	17,0	kg	1,63	27,71
3	Concreto				
3.1	Cimento	84,68	sc	6,94	587,68
3.2	Areia	9,24	m <sup>3</sup>	6,49	59,97
3.3	Brita	11,84	m <sup>3</sup>	18,61	220,34
4	Mão-de-obra				
4.1	Carpinteiro	318	h	0,80	224,40
4.2	Armador	71	h	0,79	56,09
4.3	Pedreiro	89	h	0,81	72,09
4.3	Servente/ajudante	818	h	0,50	409,00
5	Leis sociais	146	€	791,58	1155,71
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>5541,57</b>	
<b>TOTAL POR m<sup>2</sup></b>				<b>30,45</b>	

### 10.3 Custo da laje nervurada com poliestireno expandido

Na Tabela 10.3 estão os valores referentes a execução deste tipo de laje. Deve ser destacado que, por ser fabricado em Joinville, próximo a Florianópolis, o preço do bloco, tem pouca incidência de custo de transporte deste material, se comparado ao bloco de concreto celular. Também, qualquer tela poderia ser utilizada sob os blocos de poliestireno. A cotação da tela de estuque foi realizada por esta apresentar um menor custo no mercado local.

**Tabela 10.3 - Custos para a execução da laje nervurada com poliestireno expandido**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	PREÇO (em US\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Bloco poliestireno	22	m <sup>3</sup>	50,08	1101,76
2	Tela de estuque	182	m <sup>2</sup>	0,43	78,26
3	Fôrmas				
3.1	Madeirit	73	un	10,96	800,08
3.2	Tábuas 2,5x20x250	312	un	1,35	421,20
3.3	Tábuas 2,5x10x250	207	un	0,68	140,76
3.4	Sarrafos 2,5x5	637	m	0,14	89,18
3.5	Escoras Ø 7,5x300	384	un	0,72	276,48
3.3	Prego 17x27	47,7	kg	1,15	54,86
4	Armadura				
4.1	Aço	1357	kg	0,61	827,77
4.2	Arame recozido	25,4	kg	1,63	41,40
5	Concreto				
5.1	Cimento	77,9	sc	6,94	540,63
5.2	Areia	8,50	m <sup>3</sup>	6,49	55,17
5.3	Brita	10,90	m <sup>3</sup>	18,61	202,85
6	Mão-de-obra				
6.1	Carpinteiro	228	h	0,80	182,40
6.2	Armador	95	h	0,79	75,05
6.3	Pedreiro	93	h	0,81	75,33
6.4	Servente/ajudante	408	h	0,50	204,00
7	Leis sociais	146	‰	536,78	783,70
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>5948,31</b>	
<b>TOTAL POR m<sup>2</sup></b>				<b>32,68</b>	

#### 10.4 Custo das lajes nervuradas com blocos de concreto celular autoclavado

O custo de execução deste tipo de laje esta discriminado na Tabela 10.4. Deve ser salientado que o bloco de concreto celular orçado é fabricado em Belo Horizonte, muito distante de Florianópolis, ocasionando um custo de transporte significativo, cujo valor alcança 48% do seu preço final.

**Tabela 10.4 - Custos para a execução da laje nervurada com blocos de concreto celular**

ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	PREÇO (Em US\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Bloco de concreto	21	m <sup>3</sup>	84,50	1774,50
2	Fôrmas				
2.1	Madeirit	73	un	10,96	800,08
2.2	Tábuas 2,5x20x250	319	un	1,35	430,65
2.3	Tábuas 2,5x10x250	203	un	0,68	138,04
2.4	Sarrafos 2,5x5	637	m	0,14	89,18
2.5	Escoras Ø 7,5x300	384	un	0,72	276,48
2.3	Prego 17x27	48,4	kg	1,15	55,65
3	Armadura				
3.1	Aço	1407	kg	0,61	858,27
3.2	Arame recozido	27,4	kg	1,63	44,66
4	Concreto				
4.1	Cimento	79,16	sc	6,94	549,37
4.2	Areia	8,65	m <sup>3</sup>	6,49	56,14
4.3	Brita	11,07	m <sup>3</sup>	18,61	206,01
5	Mão-de-obra				
5.1	Carpinteiro	230	h	0,80	184,00
5.2	Armador	103	h	0,79	81,37
5.3	Pedreiro	92	h	0,81	74,52
5.4	Servente/ajudante	423	h	0,50	211,50
6	Leis sociais	146	‰	551,39	805,03
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>6095,46</b>	
<b>TOTAL POR m<sup>2</sup></b>				<b>33,49</b>	

### 10.5 Custo das lajes nervuradas com blocos cerâmicos

O orçamento para a confecção desta laje está montado na **Tabela 10.5**, onde se pode destacar o maior consumo de armadura, se comparado com os demais tipos de laje. Cabe salientar, que todos os materiais mantiveram um preço, em dólar, relativamente uniforme, exceção feita ao bloco cerâmico que teve uma majoração significativa, em razão da fabricação ter acontecido num período de baixa temperatura, necessitando de um aumento no tempo de estocagem à temperatura ambiente.

**Tabela 10.5 - Custos de execução da laje nervurada com blocos cerâmicos**

ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT.	UNID.	PREÇO (Em US\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Tijolos 10x15x20	6,572	mil	71,60	470,55
2	Fôrmas				
2.1	Madeirit	73	un	10,96	800,08
2.2	Tábuas 2,5x20x250	330	un	1,35	445,50
2.3	Tábuas 2,5x10x250	202	un	0,68	137,36
2.4	Sarrafos 2,5x5	654	m	0,14	91,56
2.5	Escoras Ø 7,5x300	384	un	0,72	276,48
2.3	Prego 17x27	49,5	kg	1,15	56,52
3	Armadura				
3.1	Aço	1506	kg	0,61	918,66
3.2	Arame recozido	32,5	kg	1,63	52,98
4	Concreto				
4.1	Cimento	81,94	sc	6,94	568,66
4.2	Areia	8,95	m <sup>3</sup>	6,49	58,09
4.3	Brita	11,46	m <sup>3</sup>	18,61	213,27
5	Mão-de-obra				
5.1	Carpinteiro	239	h	0,80	191,20
5.2	Armador	127	h	0,79	100,33
5.3	Pedreiro	94	h	0,81	76,14
5.4	Servente/ajudante	446	h	0,50	223,00
6	Leis sociais	146	¢	590,67	862,39
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>5542,77</b>	
<b>TOTAL POR m<sup>2</sup></b>				<b>30,45</b>	

### 10.6 Resumo dos custos das lajes

A seguir são mostrados, através da Tabela 10.6, de forma resumida, os valores para todas as lajes, estando os mesmos agrupados em suas diversas fases. Também é indicado um índice, em relação a estas fases, para que possam ser observadas as variações entre elas. Lembre-se que os vigotes pré-moldados têm função estrutural, estando na coluna de material inerte apenas por questões estéticas do quadro.

**Tabela 10.6 - Resumo dos custos das lajes para os tres projetos**

Em US \$						
LAJE	MAT INERTE	FÔRMAS	ARMADURA	CONCRETO	MÃO-DE-OBRA	TOTAL
LAJPRE	735	784	456	536	1310	3821
Índice	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
LAJMAC	-	2102	624	868	1947	5542
Índice	-	2,68	1,37	1,62	1,49	1,45
LAJNPE	1180	1729	869	799	1320	5948
Índice	1,61	2,27	1,90	1,49	1,01	1,56
LAJNCC	1774	1790	903	811	1356	6095
Índice	2,42	2,28	1,99	1,51	1,04	1,60
LAJNBC	471	1808	972	840	1453	5543
Índice	0,64	2,30	2,13	1,57	1,11	1,45

### 10.7 Reutilização dos materiais das fôrmas

Embora o objetivo principal do trabalho seja a comparação entre lajes para edificações residenciais unifamiliares, é importante, para uma amplitude maior os seus resultados, simulá-los para as edificações de vários pavimentos, onde existe a possibilidade de reutilização de fôrmas.

Esta reutilização refere-se a redução na compra de madeira nova, em função de já existir usada na própria obra. Cabe esclarecer que este valor a ser reduzido não equivale ao valor residual do material, pois o mesmo não teria uma aceitação no mercado por tal preço, em função, principalmente do custo de seu transporte.

Diante disto, montou-se então a Tabela 10.7, na qual se encontram os valores para a execução das fôrmas, com reutilização da madeira, para edifícios de vários pavimentos. Os índices aplicados são muito variáveis pois dependem muito da qualidade da mão-de-obra e do próprio material utilizado.

**Tabela 10.7 - Custos das fôrmas com reutilização da madeira**

Em US \$

TIPO DE LAJE	NÍVEL DA LAJE					
	1ª LAJE	2ª LAJE	3ª LAJE	4ª LAJE	6ª LAJE	8ª LAJE
LAJPRE	784	440	79	79	79	79
LAJMAC	2102	1759	250	250	250	250
LAJNPE	1729	1574	169	169	169	169
LAJNCC	1790	1568	169	169	169	169
LAJNBC	1808	1574	171	171	171	171

Com os novos valores obtidos foi calculado o custo total para a execução das lajes e suas respectivas vigas, cujos valores estão na Tabela 10.8.

**Tabela 10.8 - Custos das lajes com reutilização das fôrmas**

Em US \$

TIPO DE LAJE	NÍVEL DA LAJE					
	1ª LAJE	2ª LAJE	3ª LAJE	4ª LAJE	6ª LAJE	8ª LAJE
LAJPRE	3821	7928	10414	13530	19762	25994
Índice	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
LAJMAC	5542	10740	14430	18119	25497	32876
Índice	1,45	1,35	1,39	1,34	1,29	1,26
LAJNPE	5948	11742	16131	20520	29299	38076
Índice	1,56	1,48	1,55	1,52	1,48	1,46
LAJNCC	6095	11969	16444	20918	29868	38817
Índice	1,60	1,51	1,58	1,55	1,51	1,49
LAJNBC	5543	10852	14758	18665	26478	34291
Índice	1,45	1,37	1,42	1,38	1,34	1,32

## CAPÍTULO 11

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram mostradas as principais diferenças entre as lajes mais executadas na região, através das características específicas de cada uma delas.

O novo critério para pré-dimensionamento de vigas para lajes maciças e com vigotes pré-moldados de concreto, apesar de ser mais completo que o sistema tradicional, precisa de mais aplicações, em outros projetos estruturais, para a verificação de sua consistência. O seu grande mérito está em proporcionar ao usuário, principalmente estudantes, o conhecimento de que outros elementos construtivos, além do vão, têm influência no dimensionamento das vigas.

Os percentuais de formação das cargas nas vigas mostram as diferenças entre os três tipos específicos de lajes, indicando pequenas variações de acordo com cada um deles.

O cálculo de quantitativos de materiais e serviços para a execução das lajes e suas vigas, através do programa de computador foi elaborado com o objetivo de reduzir-se o tempo na elaboração de orçamentos, diminuindo a probabilidade de erros, além de conter as alternativas para os cinco diferentes tipos de laje estudados, fato inédito em programas semelhantes.

Quanto às lajes em si, as principais conclusões são mostradas a seguir.

#### **11.1 Lajes com vigotes pré-moldados**

Os resultados demonstram que este tipo de laje, além de mais econômica é a mais prática para as construções unifamiliares. O pouco tempo necessário para a sua execução, aliado ao baixo consumo de fôrmas e escoramento, torna a obra mais limpa, facilitando os deslocamentos por seu interior. O baixo consumo de aço e concreto também são aspectos positivos.

No entanto, os vigotes têm o seu comprimento limitado, impossibilitando a sua utilização em determinados tipos de projeto arquitetônico. Estruturalmente são mais suscetíveis à deformações excessivas, necessitando de cuidados especiais durante a sua execução, a fim de minimizar este problema. Mas sem dúvida, são as mais indicadas para

grande parte das edificações, desde que sejam fabricados de acordo com as prerrogativas do projeto estrutural.

Quanto a conveniência do uso deste tipo de laje para edifícios com mais de quatro pavimentos, nada pode ser concluído aqui. Existem outros esforços, não considerados nestes projetos modelo, que podem influenciar no lançamento da estrutura.

A possibilidade da não contratação de operários de outra especialidade, além dos pedreiros, em função da simplicidade de execução deste tipo de laje, também é um fator importante, pois facilita a administração da obra, principalmente se for realizada pelo seu proprietário, que normalmente tem pouca experiência neste tipo de serviço.

Quanto ao consumo dos principais materiais, os resultados obtidos para os projetos estudados foram de 0,54 m<sup>2</sup> de fôrmas, 3,20 kg de aço e 0,060 m<sup>3</sup> de concreto para cada metro quadrado do projeto arquitetônico. Em relação ao volume de concreto, em metros cúbicos, obteve-se, para as lajes, 2,10 m<sup>3</sup> de fôrmas e 20 kg de aço e, para as vigas, 15,70 m<sup>3</sup> de fôrmas e 86 kg de aço. Para o conjunto de vigas e lajes foram obtidos 9,03 m<sup>2</sup> de fôrmas e 54 kg de aço.

## 11.2 Lajes maciças

Estas lajes, muito utilizadas em pavimentos de garagens de edifícios, têm o seu uso reduzido em residências. O grande consumo de fôrmas e o tempo excessivo para a sua construção, gerando um custo elevado, são fatores que desestimulam a sua execução.

Todavia, para edifícios, onde há o reaproveitamento das fôrmas, esta alternativa pode ser viável, uma vez que proporcionam uma ótima rigidez ao conjunto da estrutura de concreto armado. São versáteis quanto ao seu formato e mais seguras que as demais durante a concretagem.

Se comparadas com as de vigotes pré-moldados suas vigas de sustentação têm praticamente o mesmo custo de execução. O fator desfavorável é a laje em si, pois o consumo de fôrmas, aço e concreto são maiores.

No que se refere ao consumo de materiais obteve-se 1,45 m<sup>2</sup> de fôrmas, 4,46 kg de aço e 0,096 m<sup>3</sup> de concreto por metro quadrado de área do projeto arquitetônico. Quanto a relação com o volume de concreto, em metros cúbicos, o resultado obtido foi, para as lajes, de 13,37 m<sup>3</sup> de fôrmas e 29 kg de aço, para as vigas, 18,65 m<sup>3</sup> de fôrmas e 86 kg de aço e, para o conjunto de vigas e lajes, de 15,05 m<sup>2</sup> de fôrmas e 47 kg de aço.

### 11.3 Lajes nervuradas

Embora tenha-se tentado uniformizar os critérios de comparação é importante ressaltar que as lajes nervuradas são normalmente indicadas para vãos maiores que os existentes nos projetos estudados. A redução do número de pilares no projeto Grande e as dimensões usadas nas nervuras e mesa, as mínimas permitidas pela norma, foi a forma encontrada para reduzir estas distorções.

A sua grande vantagem está na versatilidade do posicionamento das paredes, aliada à possibilidade de um teto plano, fator este que não pré-determina a divisão dos espaços internos. No entanto, estas qualidades acarretam um aumento no custo de sua execução, principalmente, de suas vigas internas.

Quanto às diferenças nos custos devidas à utilização de material inerte diferente nas lajes propriamente dito, a influência foi relativa ao preço deste material. Nas suas vigas de sustentação o volume de concreto e o peso da armadura apresentaram pouca variação.

Em relação ao consumo dos materiais os resultados foram de 1,19 m<sup>2</sup> de fôrmas, 6,5 kg de aço e 0,091 m<sup>3</sup> de concreto por metro quadrado do projeto arquitetônico. Em relação ao volume de concreto, em metros cúbicos, obteve-se, para as lajes, 17,25 m<sup>2</sup> de fôrmas e 54 kg de aço, para as vigas, 7,72 m<sup>2</sup> de fôrmas e 95 kg de aço e, para o conjunto de vigas e lajes, 13,03 m<sup>2</sup> de fôrmas e 72 kg de aço.

Finalmente, ao contrário do que muitas vezes é divulgado, a influência da densidade do material inerte, no peso da estrutura é pequena. A relação entre as densidades dos blocos de poliestireno expandido, concreto celular e blocos cerâmicos é, respectivamente, 1,00; 33,33 e 86,67. O resultado obtido neste trabalho mostrou uma redução nesta relação, no peso próprio das lajes, de 1,00; 1,11; e 1,38, e de 1,00; 1,07; e 1,20 no total da carga da estrutura a ser suportada pelos pilares.

### 11.4 Complementações do Trabalho

Como complementação do presente trabalho alguns elementos podem ser ampliados ou modificados de forma a melhorar a sua utilização.

- Elaborar um estudo específico sobre as lajes nervuradas, verificando qual o módulo mais econômico que deve ser utilizado em função dos vãos, das sobrecargas e do material inerte.

- Realizar uma pesquisa sobre os tempos necessários para a execução das lajes, principalmente as nervuradas, diferenciando-os dos valores utilizados nos demais elementos da estrutura.

- Complementar o programa de cálculo de quantitativos no computador com a inclusão dos pilares e das fundações. Também incluir os preços em todos os elementos, transformá-lo numa linguagem de alto nível, melhorando a interface homem/máquina e acoplá-lo a um programa de cálculo estrutural.

- Testar em outros projetos estruturais os parâmetros de pré-dimensionamento das vigas para as lajes maciças e com vigotes pré-moldados, adaptando-os aos novos resultados, se houver necessidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, Vahan. A Importância da Pureza dos Agregados para Argamassas e Concretos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1986, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1986. p. 115-119.
- APOLO, Gerônimo Lozano. Forjados y Losas de Piso - Forjados Unidireccionales. Espanha: Ediciones G. L. A., 1979.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ações e Segurança nas Estruturas, NBR-8681. Rio de Janeiro: ABNT, 1984
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Barras e Fios de Aço destinados a Armaduras de Concreto Armado, NBR-8681. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações, NBR-6120. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Fundações, NBR-6122. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado, NBR-6118. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.
- BAUD, G.. Manual da Construção. São Paulo: Hemus, (198\_).
- BAUER, Falcão. Materiais de Construção. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
- BOIN, Antônio Carlos. Sistema de Fôrmas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO: "FÔRMAS PARA CONCRETO", 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p.141-156.

- BONIN, Luis Carlos. Manutenção de Edifícios: Uma Revisão Conceitual. In: SEMINÁRIO DE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1988, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 1988. v. I. p. 01-31.
- BLÜCHER, Hans Roman Edmund. Agregados para Concreto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS, 1886, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1886. p. 07-16.
- BUENO, Benedito de Souza et al. Capacidade de Carga de Fundações Rasas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985.
- COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON - CEB. Code Modele CEB-FIP, Pour Les Structures em Béton. Paris, 1978.
- DI PIETRO, João Eduardo. Projeto, Execução e Produção de Lajes com Vigotes Pré-moldados de Concreto. Florianópolis: 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- CATÁLOGO DE AÇOS GERDAU. Porto Alegre: 1982.
- DIAS, Eurípedes Maximiliano. Metodologia para Controle do Concreto Produzido no Canteiro de Obras. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE GARANTIA DA QUALIDADE DE ESTRUTURA DE CONCRETO, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p. 243-274.
- FUSCO, Péricles Brasiliense. Estruturas de Concreto. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.
- L'HERMITE, Robert. Ao Pé do Muro. Brasília: Serviço Nacional da Indústria, (197 ).
- MASCARÓ, Lúcia R. de e MASCARÓ, Juan L.. A Construção na Economia Nacional. São Paulo: Pini, 1981.
- NEVES, Célia Maria Martins. Desempenho de paredes - procedimento adotado para paredes monolíticas de solo-cimento. In: I SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1988, Florianópolis. Anais...Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1988. p. 58-64.

- LAMONIER, Teodoro Alves et al. Diagnóstico Nacional da Indústria da Construção. Tecnologia de Edificações. Belo Horizonte, 1984. v. 5.
- MARCELINO, Narbal Ataliba. Projeto e Produção de Sistemas e Componentes de Argamassa Armada. São Carlos, 1991 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.
- PALERMO, Giovanni. Refrigeração do concreto em obras urbanas. Revista Ibracon, v. 2, n. 3, p. 23-24, jan./fev./mar. 1992.
- PATTON, Willian John. Materiais de Construção. São Paulo: Pedagógica Universitária, 1978.
- PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião. Materiais de Construção. Porto Alegre: Globo, 1975.
- REQUENA, João Alberto Menegas. Fôrmas e Cimbramento de Madeira para Edificações. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO: "FÔRMAS PARA CONCRETO", 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p. 53-118.
- RIPPER, Ernesto. Como Evitar Erros na Construção. São Paulo: Pini, 1984.
- ROCHA, Aderson Moreira da. Concreto Armado. São Paulo: Nobel, 1986
- ROSSO, Teodoro. Racionalização da Construção. São Paulo: Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, 1980.
- SEARBY, Archie A. B. . Recomendações para o Processo de Escolha de um Sistema de Fôrmas. Sistema de Fôrmas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO: "FÔRMAS PARA CONCRETO", 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p. 13-18.
- SILVA, Moema Ribas. Materiais de Construção. São Paulo: Pini, 1985.
- SOUZA, Roberto de. Normalização, Controle de Qualidade e Manutenção de Edifícios. In: Seminário de Manutenção de Edifício. Anais, v. 2. Porto Alegre. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 1988.

SOUZA, Roberto de. Qualidade, Modernização e Desenvolvimento: Diretrizes para a Atualização Tecnológica da Indústria da Construção Civil. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE GARANTIA DA QUALIDADE DE ESTRUTURA DE CONCRETO, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p. 03-18.

TCPO 6 - Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. São Paulo: Pini, 1977.

VASCONCELOS, Carlos Augusto. O Concreto no Brasil: recordes, realizações, história. São Paulo: Copiare, 1985.

VERÇOZA, Ênio José. Materiais de Construção. Porto Alegre: Sagra, 1975.

## BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo e Execução de Lajes Mistas - NBR-6119. Rio de Janeiro: 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado - NBR 9062. Rio de Janeiro: 1985.
- ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE LAJES DE SÃO PAULO - AFALA. Lajes pré-moldadas de concreto. São Paulo: 1991.
- ENGEL, H. Sistemas de Estruturas. São Paulo: Hemus, 1970.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAÎNTE. Composite Beam-block Floor Systems. Madri: 1992.
- GRUPO RDB. Elementi in Laterizio e Componenti in Laterocemento. Piacenza, Itália: 1991.
- HELENE, Paulo - Controle de Qualidade do Concreto. In: II SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1989, Florianópolis. Anais...Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1989. p. 45-63.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Tecnologia das Edificações. São Paulo:, Pini, 1988.
- MASCARÓ, Juan Luis. O Custo das Decisões Arquitetônicas. São Paulo:, Nobel, 1985.
- MONTOYA, P. J. Hormigon Armado. Barcelona: Gustavo Gilli, 1987.
- MOTTA, Lidenor de Mello. Produtividade e Consumo em Obras. Rio de Janeiro: Distribuidora Record, 1970.
- RIOS, Patrícia Menezes. Lajes Retangulares de Edifícios: Associação do Cálculo Elástico com a Teoria das Charneiras Plásticas. São Carlos, 1991 Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

SALVADORI, Mário. Estruturas para Arquitectos. Buenos Aires: La Isla, 1976.

STÁBILE, Miguel. Custos na Construção Civil. Rio de Janeiro: Boletim de Custos, 1989.

TORROJA, E. Razon y Ser de los Tipos Estructurales. Madri: Artes Gráficas, 1978.

UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION -  
UEAtc. Directivas Comuns para a Homologação de Pavimentos não Tradicionais de Betão  
Armado ou Pré-esforçado. Portugal: 1982.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### CARGAS NAS VIGAS

Neste apêndice estão discriminadas as dimensões e as cargas em seus diversos tramos de cada viga, nos três modelos de projeto. A carga que a viga deve suportar refere-se ao seu peso próprio e, se existirem, a carga da laje e das paredes.

Estas cargas, em kgf/m, estão representadas pela letra Cn no esquema das vigas, anexado ao final destas tabelas. A sequência da discriminação das vigas corresponde à marcha de cálculo das mesmas.

#### 1. LAJES COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS

**Tabela A1.1 - Cargas nas vigas do Projeto Pequeno (LAJPRE)**

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		CARGA VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	32	C1	80,0	541,9	412,9	-
V4	10	20	C1	50,0	191,3	509,6	-
V6	10	35	C1	87,5	754,4	412,3	-
V7	10	24	C1	60,0	0	509,6	-
V9	10	20	C1	50,0	0	0	V4-431
			C2	50,0	0	509,6	-
			C3	50,0	425,1	310,8	-
V10	10	20	C1	50,0	0	509,6	V4-431
			C2	50,0	510,1	0	-
V5	10	36	C1	90,0	393,2	0	-
			C2	90,0	1147,6	375,9	V9-256
			C3	90,0	754,4	509,6	-
V2	10	35	C1	87,5	541,9	196,0	V9-376
			C2	87,5	541,9	509,6	V10-212
			C3	87,5	541,9	509,6	-
V3	10	33	C1	82,5	393,1	0	-
			C2	82,5	393,1	0	V9-1543
			C3	82,5	191,3	0	V10-698
			C4	82,5	0	509,6	-
V8	10	43	C1	107,5	201,9	509,6	V2-2148
			C2	107,5	0	509,6	-
V11	10	35	C1	87,5	0	509,6	-
			C2	87,5	0	509,6	-
			C3	87,5	286,9	431,2	V2-2267
			C4	87,5	0	509,6	-

Tabela A1.2 - Cargas nas vigas do Projeto Médio (LAJPRE)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V3	10	39	C1	97,5	818,2	436,4	-
			C2	97,5	0	509,6	-
V4	10	38	C1	95,0	988,2	295,7	-
V6	10	22	C1	55,0	286,9	88,2	-
V7	10	20	C1	50,0	0	509,6	V6-827
			C2	50,0	0	509,6	-
			C3	50,0	0	509,6	-
V8	10	32	C1	80,0	680,0	509,6	-
V10	10	38	C1	95,0	1317,5	509,6	-
V11	10	45	C1	112,5	276,3	427,3	V3-5948
			C2	112,5	276,3	235,2	-
			C3	112,5	276,3	509,6	-
V5	10	59	C1	147,5	616,3	600,2	V11-2267
			C2	147,5	0	442,4	-
V9	10	47	C1	117,5	0	509,6	V6-27
			C2	117,5	0	509,6	V5-3875
			C3	117,5	0	509,6	V3-2453
V12	10	22	C1	55,0	276,3	509,6	V5-4453
			C2	55,0	276,3	509,6	V3--1468
			C3	55,0	276,3	509,6	-
V1	10	44	C1	110,0	0	509,6	V8-2094
			C2	110,0	0	359,9	-
			C3	110,0	0	368,5	V11-376
			C4	110,0	0	415,5	V12-1175
V2	10	54	C1	135,0	701,3	0	V8-2094
			C2	135,0	701,3	509,6	V9-1037
			C3	135,0	201,9	282,5	-
			C4	135,0	201,9	415,5	-
			C5	135,0	0	0	V12-2184

Tabela A1.3 - Cargas nas vigas do Projeto Grande (LAJPRE)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	31	C1	77,5	0	509,6	-
			C2	77,5	329,4	509,6	-
			C3	77,5	0	509,6	-
			C4	77,5	563,2	509,6	-
V3	10	28	C1	70,0	563,2	509,6	-
V5	10	36	C1	90,0	0	0	-
			C2	90,0	165,8	0	-
			C3	90,0	1190,1	350,9	-
			C4	90,0	329,4	413,1	-
V6	10	22	C1	55,0	796,9	344,6	-
			C2	55,0	796,9	288,0	-
V7	10	32	C1	80,0	329,4	0	-
V8	10	20	C1	50,0	0	413,1	-
			C2	72,5	818,2	509,6	-
V9	10	29	C1	72,5	818,2	266,6	-
			C2	72,5	818,2	266,6	-
V11	10	20	C1	50,0	286,9	509,6	-
			C2	50,0	0	223,3	-
V12	10	20	C1	50,0	371,9	274,4	-
			C2	50,0	0	274,4	-

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V13	10	22	C1	55,0	0	175,5	V6-1282
			C2	55,0	0	175,5	-
			C3	55,0	286,9	509,6	-
V15	10	20	C1	50,0	286,9	509,6	-
V16	10	21	C1	52,5	286,9	509,6	-
			C2	52,5	0	509,6	-
			C3	52,5	0	509,6	-
V2	10	35	C1	87,5	1190,1	41,8	-
			C2	87,5	584,4	509,6	V12-502
			C3	87,5	255,0	117,2	-
V4	10	26	C1	65,0	255,0	362,2	V13-953
			C2	65,0	1051,9	228	-
V10	10	32	C1	80,0	165,8	0	-
			C2	80,0	818,2	390,3	-
			C3	80,0	818,2	163,0	V2-2329
			C4	80,0	818,2	405,1	-
V14	10	20	C1	50,0	0	509,6	V4-1767
			C2	50,0	0	163,0	V2--197
			C3	50,0	371,9	274,4	-
			C4	50,0	0	274,4	-

## 2. LAJES MACIÇAS

Tabela A2.1 - Cargas nas vigas do Projeto Pequeno (LAJMAC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	30	C1	75,0	424,9	412,9	-
V4	10	20	C1	50,0	111,0	509,6	-
V6	10	29	C1	72,5	397,9	412,3	-
V7	10	31	C1	77,5	397,9	509,6	-
V9	10	20	C1	50,0	186,8	0	V4-385
			C2	50,0	296,3	509,6	-
			C3	50,0	277,2	310,8	-
V10	10	20	C1	50,0	73,0	509,6	V4-385
			C2	50,0	369,4	0	-
V5	10	32	C1	80,0	350,7	0	-
			C2	80,0	748,6	375,9	V9-422
			C3	80,0	397,9	509,6	-
V2	10	35	C1	87,5	841,3	196,0	V9-241
			C2	87,5	726,9	509,6	V10-83
			C3	87,5	827,0	509,6	-
V3	10	40	C1	100,0	350,7	0	-
			C2	100,0	554,7	0	V9-1725
			C3	100,0	256,2	0	V10-1541
			C4	100,0	126,5	509,6	-
V8	10	44	C1	110,0	65,0	509,6	V2-2270
			C2	110,0	90,9	509,6	-
			C2	87,5	0	509,6	-
V11	10	35	C1	87,5	397,9	509,6	-
			C2	87,5	0	509,6	-
			C3	87,5	126,5	431,2	V2-2641
			C4	87,5	90,9	509,6	-

Tabela A2.2 - Cargas nas vigas do Projeto Médio (LAJMAC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V3	10	34	C1	85,0	501,5	436,4	-
			C2	85,0	236,7	509,6	-
V4	10	37	C1	92,5	929,4	295,7	-
V6	10	21	C1	52,5	250,9	88,2	-
V7	10	23	C1	57,5	6,7	509,6	V6-753
			C2	57,5	254,0	509,6	-
			C3	57,5	0	509,6	-
V8	10	26	C1	65,0	287,8	509,6	-
V10	10	32	C1	80,0	713,0	509,6	-
V11	10	50	C1	125,0	1028,1	427,3	V3-5783
			C2	125,0	72,5	235,2	-
			C3	125,0	636,1	509,6	-
V5	10	57	C1	142,5	167,9	600,2	V11-3442
			C2	142,5	21,6	442,4	-
V9	10	45	C1	112,5	6,7	509,6	V6-753
			C2	112,5	683,1	509,6	V5-2894
			C3	112,5	385,4	509,6	V3-1850
V12	10	21	C1	52,5	234,5	509,6	V5-4592
			C2	52,5	45,3	509,6	V3--869
			C3	52,5	236,5	509,6	-
V1	10	42	C1	105,0	0	509,6	V8-1422
			C2	105,0	287,8	359,9	-
			C3	105,0	329,3	368,5	V11-745
			C4	105,0	18,1	415,5	V12-1079
V2	10	52	C1	130,0	368,7	0	V8-1422
			C2	130,0	800,4	509,6	V9-2381
			C3	130,0	681,3	282,5	-
			C4	130,0	743,5	415,5	-
			C5	130,0	231,4	0	V12-2357

Tabela A2.3 - Cargas nas vigas do Projeto Grande (LAJMAC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	32	C1	80,0	84,5	509,6	-
			C2	80,0	377,8	509,6	-
			C3	80,0	0	509,6	-
			C4	80,0	313,2	509,6	-
V3	10	33	C1	82,5	973,3	509,6	-
V5	10	33	C1	82,5	84,5	0	-
			C2	82,5	464,8	0	-
			C3	82,5	965,9	350,9	-
			C4	82,5	495,0	413,1	-
V6	10	20	C1	50,0	335,7	344,6	-
			C2	50,0	833,7	288,0	-
V7	10	31	C1	77,5	302,5	0	-
V8	10	20	C1	50,0	332,0	413,1	-
V9	10	27	C1	67,5	686,0	509,6	-
			C2	67,5	686,0	266,6	-
V11	10	24	C1	60,0	773,8	509,6	-
			C2	60,0	504,4	223,3	-

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V12	10	20	C1	50,0	394,4	274,4	-
			C2	50,0	6,0	274,4	-
V13	10	26	C1	65,0	6,5	175,5	V6-753
			C2	65,0	592,7	175,5	-
			C3	65,0	899,5	509,6	-
V15	10	20	C1	50,0	83,6	509,6	-
V16	10	25	C1	62,5	82,6	509,6	-
			C2	62,5	390,8	509,6	-
			C3	62,5	218,6	218,6	-
V2	10	32	C1	80,0	890,0	41,8	-
			C2	80,0	653,7	509,6	V12-517
			C3	80,0	305,1	117,2	-
V4	10	30	C1	75,0	317,2	362,2	V13-1711
			C2	75,0	779,5	228	-
V10	10	29	C1	72,5	84,6	0	-
			C2	72,5	464,9	390,3	-
			C3	72,5	965,9	163,0	V2-1770
			C4	72,5	495,0	405,1	-
V14	10	22	C1	55,0	630,1	509,6	V4-2057
			C2	55,0	371,9	163,0	V2-42
			C3	55,0	715,9	274,4	-
			C4	55,0	328,0	274,4	-

### 3. LAJES NERVURADAS COM POLIESTIRENO EXPANDIDO

Tabela A3.1 - Cargas nas vigas do Projeto Pequeno (LJNPE)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	29	C1	72,5	444,5	349,2	-
V4	10	29	C1	72,5	384,3	407,9	-
V5	10	30	C1	75,0	338,3	509,6	-
V6	10	36	C1	90,0	563,3	509,6	-
V7	16	14	C1	56,0	235,7	0	-
			C2	56,0	612,3	509,6	-
V8	10	29	C1	72,5	338,8	509,6	-
			C2	72,5	0	509,6	-
			C3	72,5	563,3	412,1	-
V2	50	14	C1	175,0	211,5	0	V7-1108
			C2	175,0	656,0	0	-
			C3	175,0	853,5	0	-
			C4	175,0	444,5	509,6	-
V3	45	14	C1	157,5	211,5	0	V7-611
			C2	157,5	595,8	243,9	-
			C3	157,5	384,3	509,6	-

Tabela A3.2 - Cargas nas vigas do Projeto Médio (LAJNPE)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V3	38	19	C1	180,5	1198,1	298,5	-
V4	10	56	C1	140,0	807,8	409,1	-
V5	10	22	C1	55,0	7,2	509,6	-
			C2	55,0	217,0	509,6	-
			C3	55,0	0	509,6	-
V6	15	19	C1	71,3	35,5	509,6	-
V7	49	19	C1	232,8	8,0	509,6	V4-3968
			C2	232,8	526,2	509,6	-
			C3	232,8	802,9	419,5	-
V8	10	24	C1	60,0	258,2	509,6	V4-3968
			C2	60,0	35,5	509,6	-
V1	10	44	C1	110,0	0	509,6	V6-1063
			C2	110,0	774,5	357,6	-
			C3	110,0	774,5	368,5	-
			C4	110,0	774,5	415,5	V8-771
V2	75	19	C1	356,3	374,9	0	V6-1063
			C2	356,3	1586,5	509,6	V7-1087
			C3	356,3	2373,3	274,4	-
			C4	356,3	2373,3	403,4	-
			C4	356,3	2373,3	0	V8-1876

Tabela A3.3 - Cargas nas vigas do Projeto Grande (LAJNPE)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	39	C1	97,5	123,4	509,6	-
			C2	97,5	162,5	509,6	-
			C3	97,5	516,7	509,6	-
V3	10	19	C1	47,5	218,8	78,4	-
V4	16	19	C1	76,0	280,1	0	-
V5	10	19	C1	47,5	14,5	409,2	-
V6	10	27	C1	67,5	628,8	509,6	-
			C2	67,5	628,8	266,6	-
V7	28	19	C1	133,0	6,8	0	V4-839
			C2	133,0	1739,2	373,0	-
			C3	133,0	1739,2	323,0	-
V8	28	19	C1	133,0	9,7	0	V4-839
			C2	133,0	1822,0	509,6	V3-654
			C3	133,0	1822,0	200,1	-
V9	22	19	C1	104,5	321,1	509,6	V3-654
			C2	104,5	323,9	0	-
V10	10	26	C1	65,0	321,1	509,6	-
			C2	65,0	684,1	509,6	-
V2	47	19	C1	223,3	123,4	0	-
			C2	223,3	668,0	335,4	-
			C3	223,3	1103,3	0	V9-1549
			C4	223,3	795,6	0	-

#### 4. LAJES NERVURADAS COM CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO

Tabela A4.1 - Cargas nas vigas do Projeto Pequeno (LAJNCC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	30	C1	75,0	471,6	349,2	-
V4	10	30	C1	75,0	415,2	407,9	-
V5	10	30	C1	75,0	366,1	509,6	-
V6	10	37	C1	92,5	597,5	509,6	-
V7	16	14	C1	56,0	254,7	0	-
			C2	56,0	647,8	509,6	-
V8	10	30	C1	75,0	366,1	509,6	-
			C2	75,0	0	509,6	-
			C3	75,0	597,5	412,1	-
V2	52	14	C1	182,0	228,5	0	V7-1143
			C2	182,0	700,1	0	-
			C3	182,0	853,5	0	-
			C4	182,0	471,6	509,6	-
V3	46	14	C1	161,0	228,5	0	V7-1143
			C2	161,0	643,7	243,9	-
			C3	161,0	415,2	509,6	-

Tabela A4.2 - Cargas nas vigas do Projeto Médio (LAJNCC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V3	41	19	C1	194,8	1336,0	298,5	-
V4	10	58	C1	145,0	872,1	409,1	-
V5	10	22	C1	55,0	8,0	509,6	-
			C2	55,0	241,8	509,6	-
			C3	55,0	0	509,6	-
V6	15	19	C1	71,3	38,6	509,6	-
V7	52	19	C1	247,0	8,0	509,6	V4-4171
			C2	247,0	426,2	509,6	-
			C3	247,0	781,0	419,5	-
V8	10	24	C1	60,0	278,8	509,6	V4-4171
			C2	60,0	38,6	509,6	-
V1	10	44	C1	110,0	0	509,6	V6-1068
			C2	110,0	841,0	357,6	-
			C3	110,0	841,0	368,5	-
			C4	110,0	841,0	415,5	V8-770
V2	83	19	C1	394,3	417,9	0	V6-1068
			C2	394,3	1726,0	509,6	V7-1160
			C3	394,3	2569,6	274,4	-
			C4	394,3	2569,6	403,4	-
			C5	394,3	2569,6	0	V8-2927

**Tabela A4.3 - Cargas nas vigas do Projeto Grande (LAJNCC)**

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	40	C1	100,0	137,5	509,6	-
			C2	100,0	184,1	509,6	-
			C3	100,0	561,5	509,6	-
V3	11	19	C1	52,3	240,3	78,4	-
V4	19	19	C1	90,3	312,3	0	-
V5	10	19	C1	47,5	16,1	409,2	-
V6	10	27	C1	67,5	700,9	509,6	-
			C2	67,5	700,9	266,6	-
V7	31	19	C1	147,3	7,7	0	V4-976
			C2	147,3	1938,6	373,0	-
			C3	147,3	1938,6	323,0	-
V8	29	19	C1	137,8	10,7	0	V4-976
			C2	137,8	1992,1	509,6	V3-703
			C3	137,8	1992,1	200,1	-
V9	23	19	C1	109,3	351,1	509,6	V3-703
			C2	109,3	354,1	0	-
V10	10	27	C1	67,5	351,1	509,6	-
			C2	67,5	743,3	509,6	-
V2	53	19	C1	251,8	137,5	0	-
			C2	251,8	744,9	335,4	-
			C3	251,8	1202,7	0	V9-1639
			C4	251,8	864,3	0	-

**5. LAJES NERVURADAS COM BLOCOS CERÂMICOS****Tabela A5.1 - Cargas nas vigas do Projeto Pequeno (LAJNBC)**

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	31	C1	77,5	532,8	349,2	-
V4	10	31	C1	77,5	484,9	407,9	-
V5	10	31	C1	77,5	427,5	509,6	-
V6	10	38	C1	95,0	675,3	509,6	-
V7	18	14	C1	63,0	297,4	0	-
			C2	63,0	726,2	509,6	-
V8	10	32	C1	80,0	427,5	509,6	-
			C2	80,0	0	509,6	-
			C3	80,0	675,3	412,1	-
V2	56	14	C1	196,0	266,8	0	V7-1231
			C2	196,0	799,6	0	-
			C3	196,0	974,2	0	-
			C4	196,0	532,8	509,6	-
V3	50	14	C1	177,5	266,8	0	V7-705
			C2	177,5	751,7	243,9	-
			C3	177,5	484,9	509,6	-

Tabela A5.2 - Cargas nas vigas do Projeto Médio (LAJNBC)

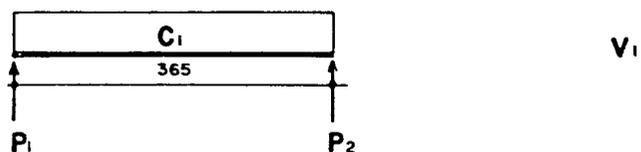
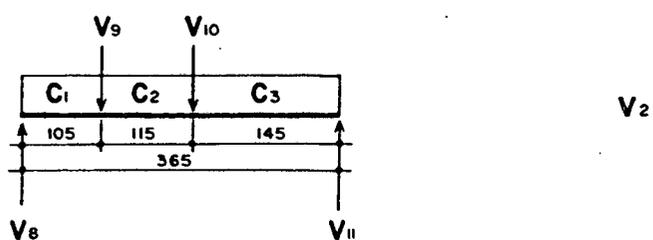
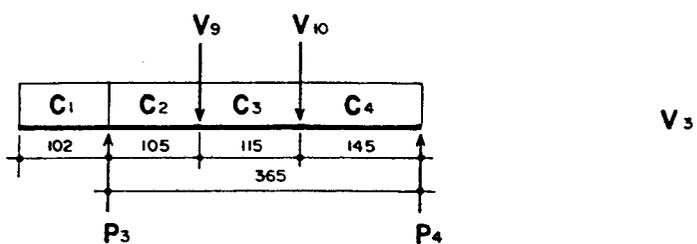
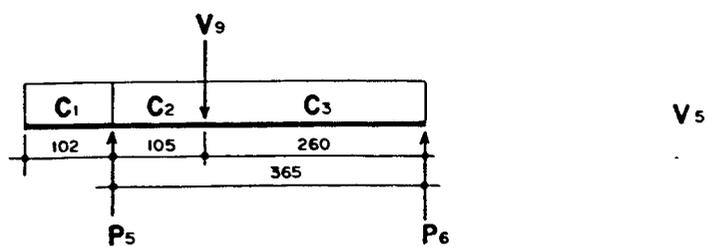
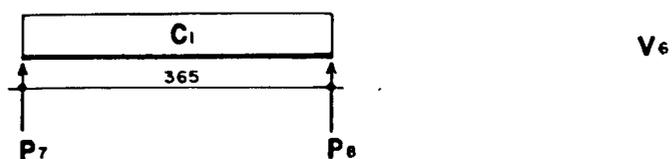
VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V3	49	19	C1	232,8	1645,2	298,5	-
V4	10	61	C1	152,5	1016,9	409,1	-
V5	10	23	C1	57,5	9,9	509,6	-
			C2	57,5	297,8	509,6	-
			C3	57,5	0	509,6	-
V6	15	19	C1	71,3	46,0	509,6	-
V7	57	19	C1	270,8	9,9	509,6	V4-4617
			C2	270,8	497,1	509,6	-
			C3	270,8	934,0	419,5	-
V8	10	24	C1	60,0	325,1	509,6	V4-4617
			C2	60,0	46,0	509,6	-
V1	10	46	C1	115,0	0	509,6	V6-1081
			C2	115,0	990,7	357,6	-
			C3	115,0	990,7	368,5	-
			C4	115,0	990,7	415,5	V8-778
V2	90	19	C1	427,5	514,7	0	V6-1081
			C2	427,5	2040,1	509,6	V7-1080
			C3	427,5	3011,4	274,4	-
			C4	427,5	3011,4	403,4	-
			C5	427,5	3011,4	0	V8-3030

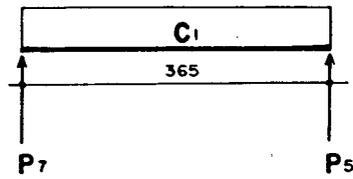
Tabela A5.3 - Cargas nas vigas do Projeto Grande (LAJNBC)

VIGA	DIMENSÕES (cm)		TRAMO	PESO PRÓPRIO	CARGA (kgf/m)		OUTRAS VIGAS
	LARG	ALT			LAJE	PAREDE	
V1	10	41	C1	102,5	169,4	509,6	-
			C2	102,5	226,8	509,6	-
			C3	102,5	662,1	509,6	-
V3	12	19	C1	57,0	288,7	78,4	-
V4	23	19	C1	109,3	384,5	0	-
V5	10	19	C1	47,5	19,7	409,2	-
V6	10	29	C1	72,5	863,2	509,6	-
			C2	72,5	863,2	266,6	-
V7	37	19	C1	175,8	9,5	0	V4-1197
			C2	175,8	2387,2	373,0	-
			C3	175,8	2387,2	323,0	-
V8	35	19	C1	166,3	13,2	0	V4-1197
			C2	166,3	2407,4	509,6	V3-805
			C3	166,3	2407,4	200,1	-
V9	25	19	C1	118,8	418,7	509,6	V3-805
			C2	118,8	422,4	0	-
V10	10	28	C1	70,0	418,7	509,6	-
			C2	70,0	876,6	509,6	-
V2	61	19	C1	289,8	169,4	0	-
			C2	289,8	916,9	335,4	-
			C3	289,8	1426,8	0	V9-1825
			C4	289,8	1018,9	0	-

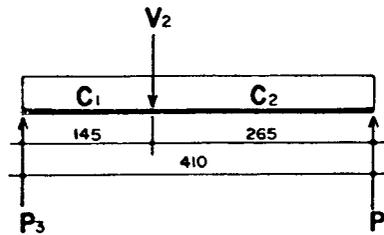
## VIGAS P/ LAJES COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS E MACIÇA

## PROJETO PEQUENO

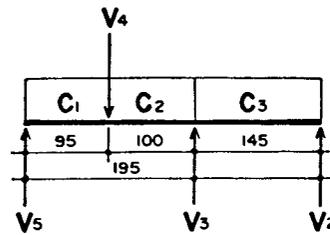
V<sub>1</sub>V<sub>2</sub>V<sub>3</sub>V<sub>4</sub>V<sub>5</sub>V<sub>6</sub>



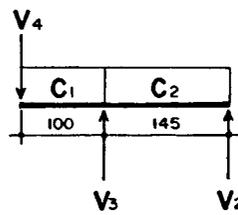
V<sub>7</sub>



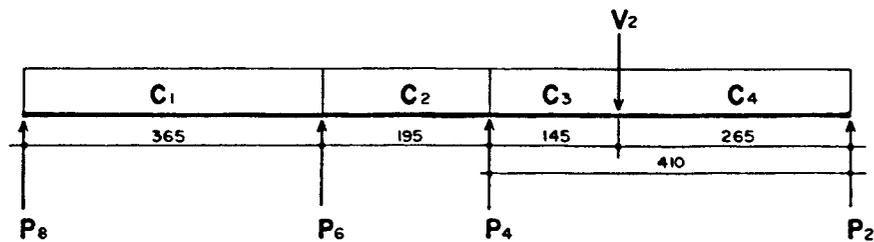
V<sub>8</sub>



V<sub>9</sub>

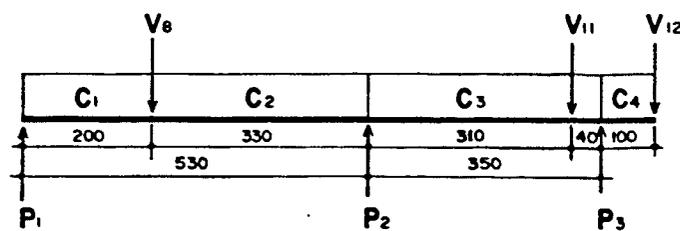


V<sub>10</sub>

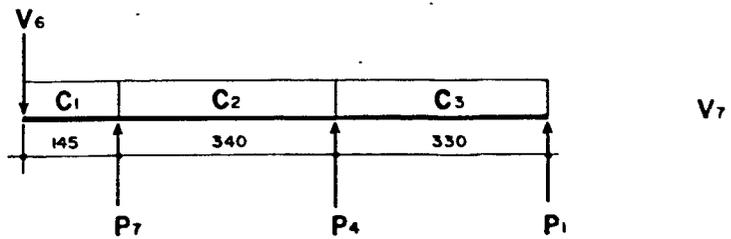
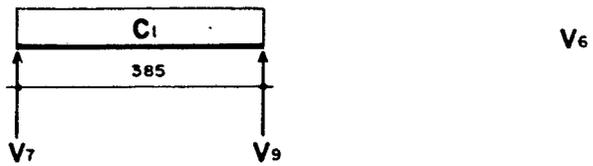
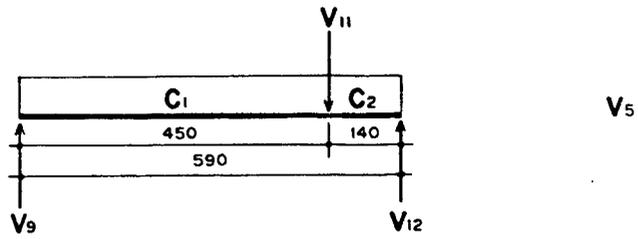
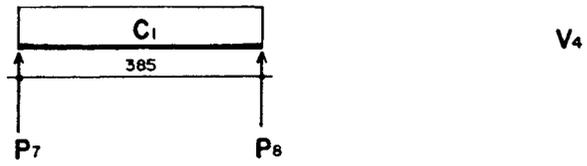
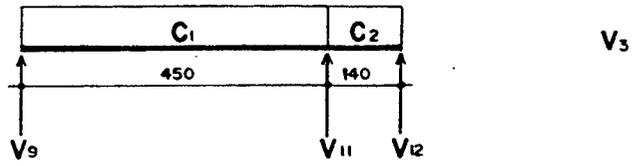
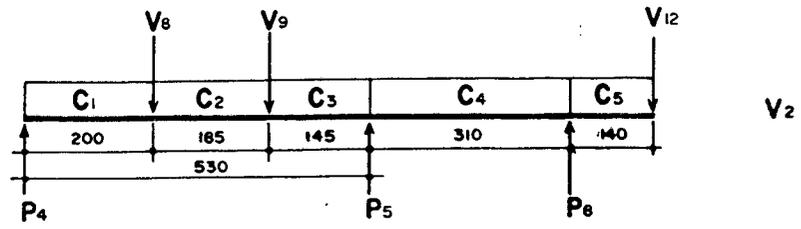


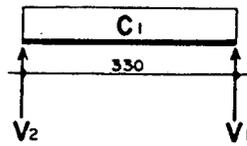
V<sub>11</sub>

PROJETO MÉDIO

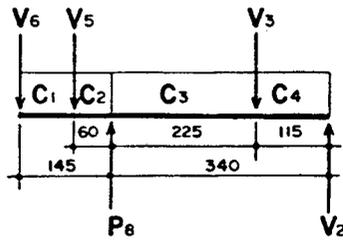


V<sub>1</sub>

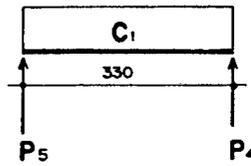




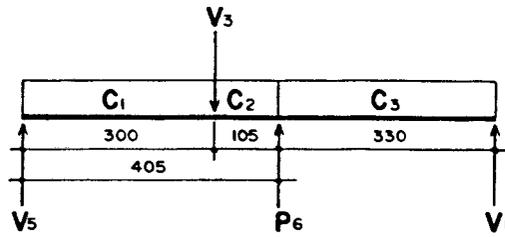
V<sub>8</sub>



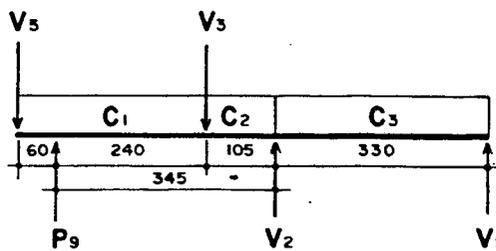
V<sub>9</sub>



V<sub>10</sub>

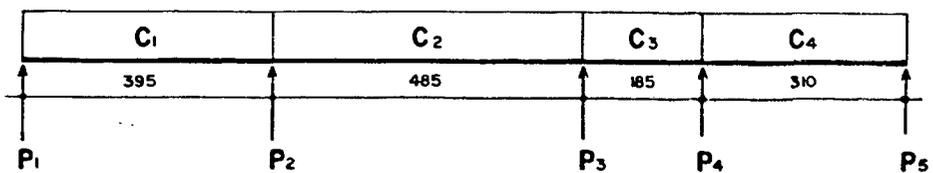


V<sub>11</sub>

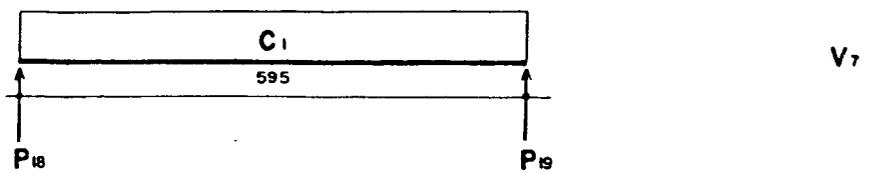
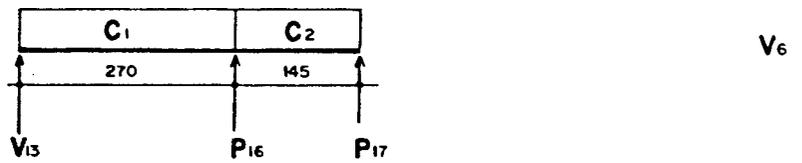
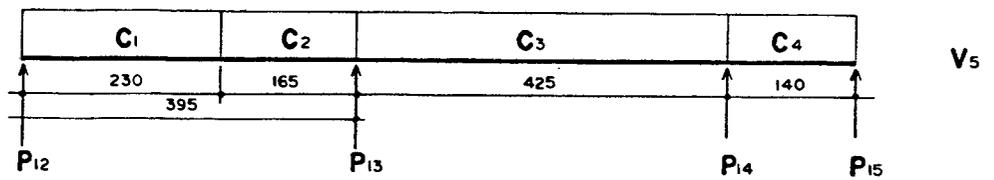
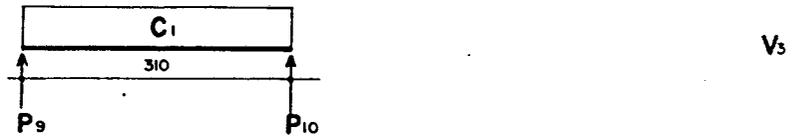
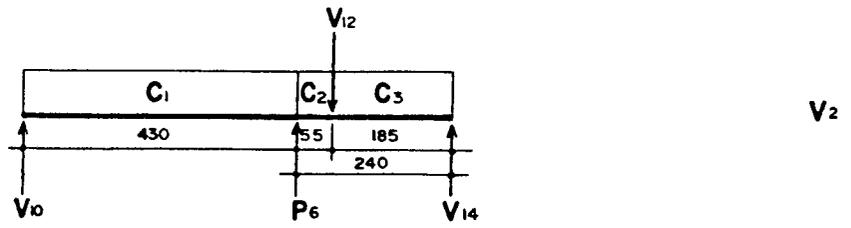


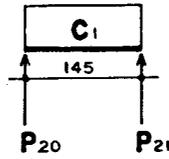
V<sub>12</sub>

PROJETO GRANDE

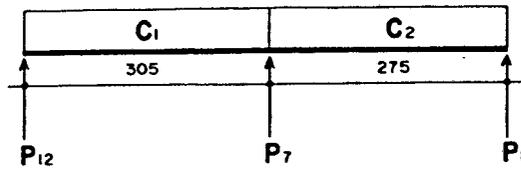


V<sub>1</sub>

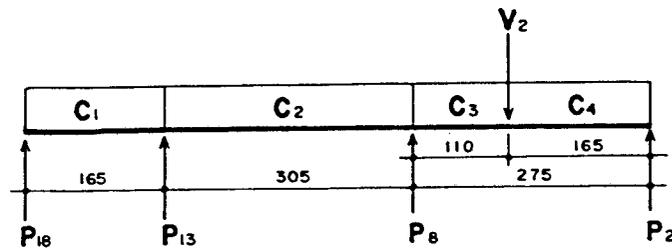




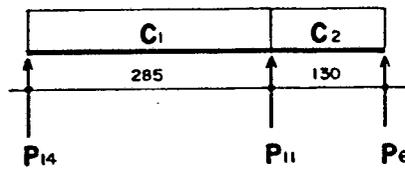
V<sub>8</sub>



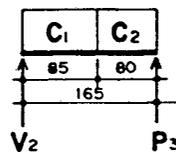
V<sub>9</sub>



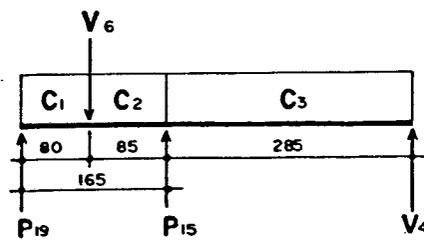
V<sub>10</sub>



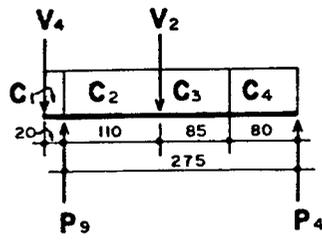
V<sub>11</sub>



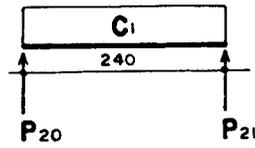
V<sub>12</sub>



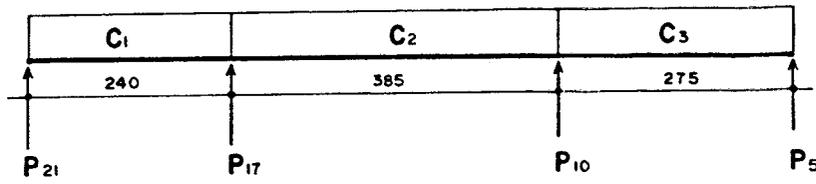
V<sub>13</sub>



V14



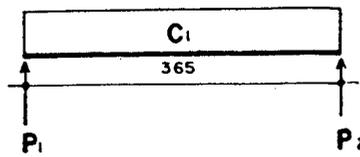
V15



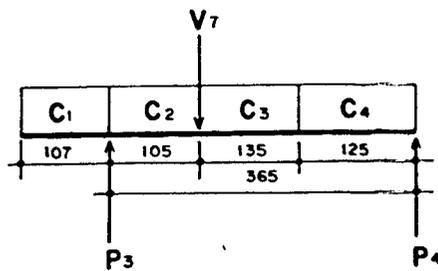
V16

**VIGAS P/ LAJES NERVURADAS**

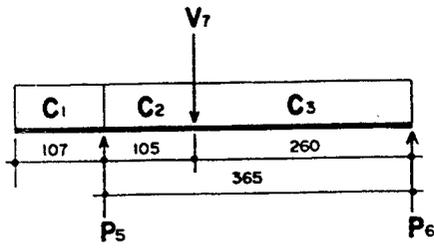
**PROJETO PEQUENO**



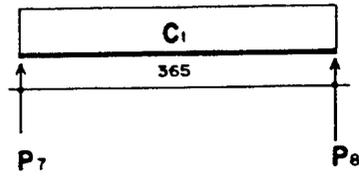
V1



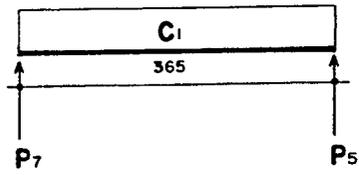
V2



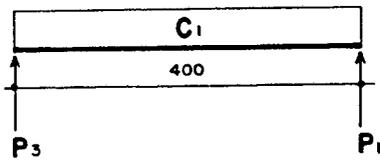
V<sub>3</sub>



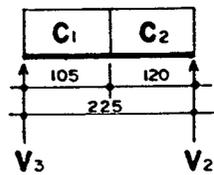
V<sub>4</sub>



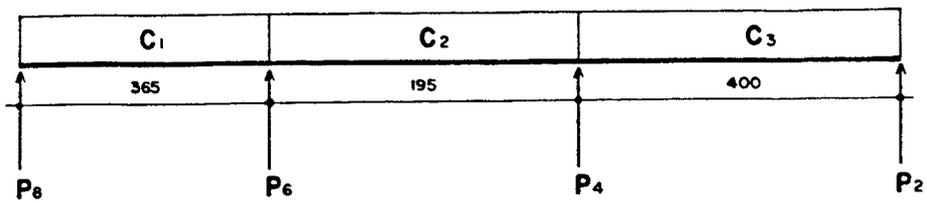
V<sub>5</sub>



V<sub>6</sub>

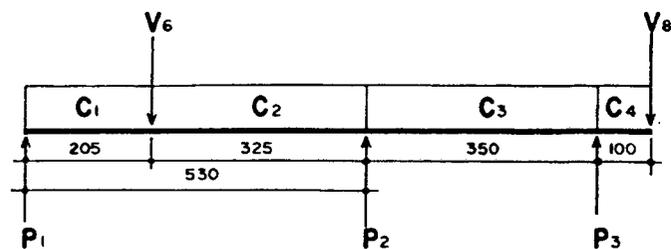


V<sub>7</sub>

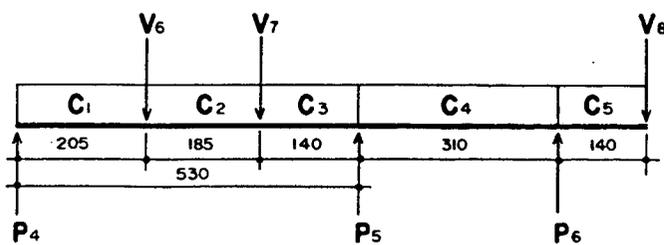


V<sub>8</sub>

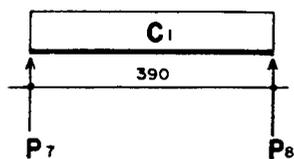
PROJETO MÉDIO



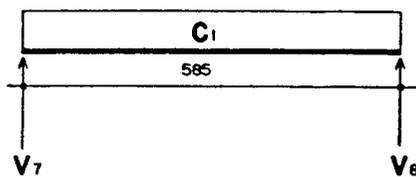
V<sub>1</sub>



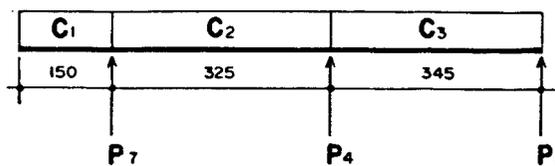
V<sub>2</sub>



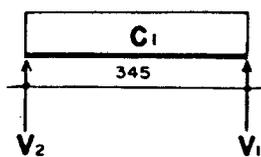
V<sub>3</sub>



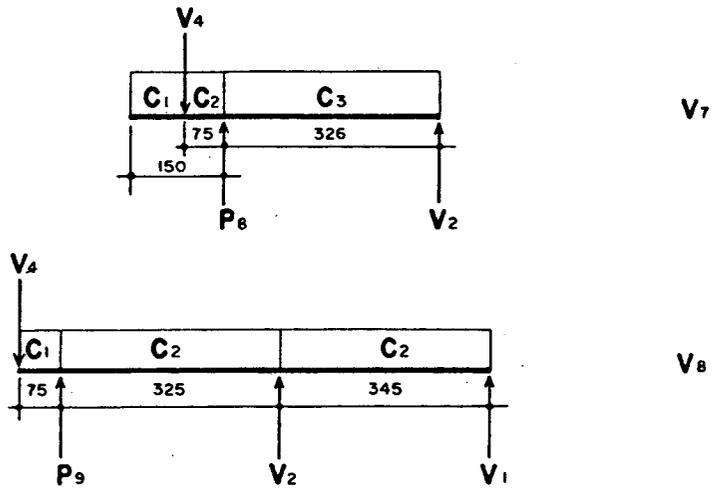
V<sub>4</sub>



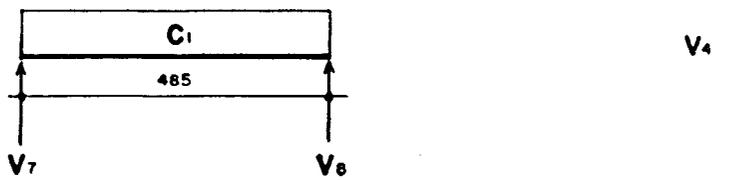
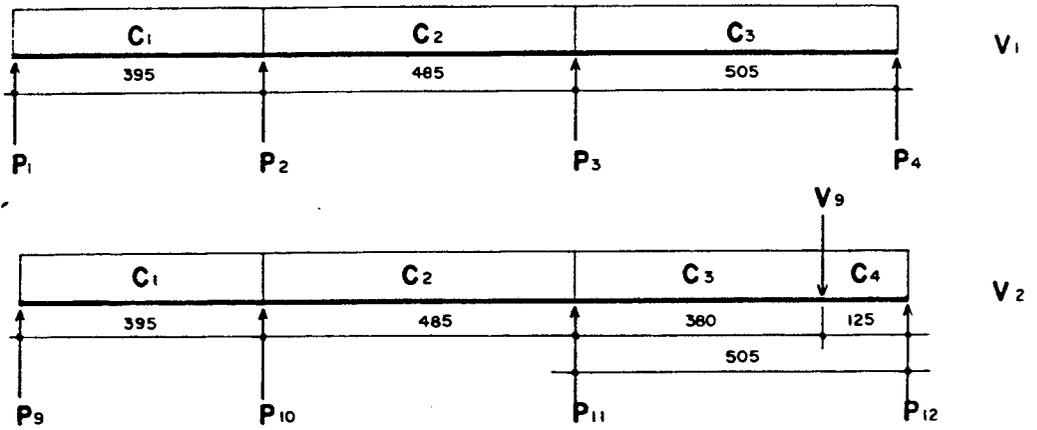
V<sub>5</sub>

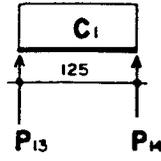


V<sub>6</sub>

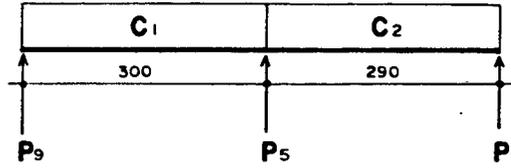


PROJETO GRANDE

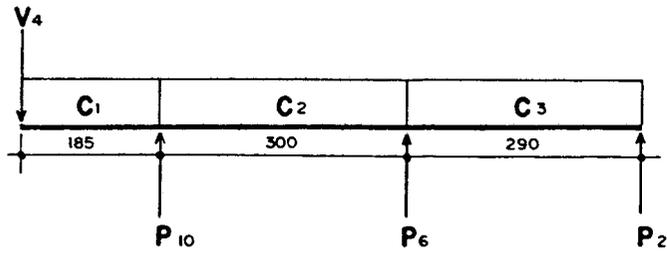




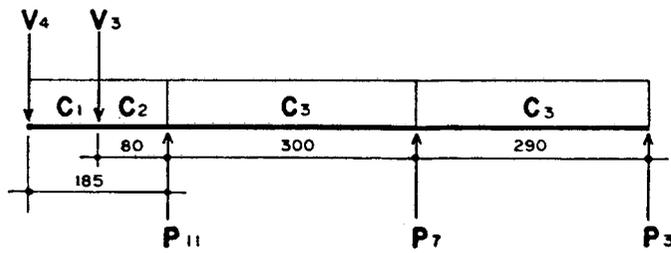
V5



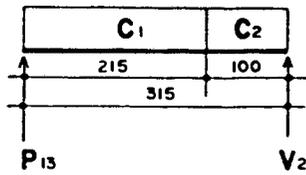
V6



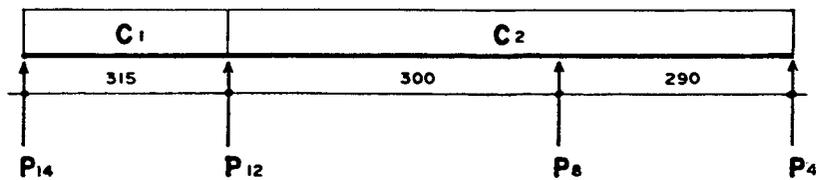
V7



V8



V9



V10

## APÊNDICE B

### PROGRAMA DE QUANTITATIVOS

Para a elaboração do cálculo das quantidades dos materiais e mão-de-obra necessários à execução das vigas e dos diferentes tipos de lajes foi elaborado um programa de computador, que além de sua utilização no presente trabalho, poderá ser usado por alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Em razão disto, está na linguagem "Basic", por ser bastante simples e compatível com os equipamentos disponíveis aos referidos alunos.

A opção desta programação deu-se em função de não se ter conhecimento de um programa que permitisse, a partir de uma estrutura de concreto, o cálculo destes quantitativos. Os "softwares" existentes (Tron-orc da W. K. Sistemas; Reg\_orc da Editôra Pini) parte de uma quantidade conhecida de concreto, fôrmas e armaduras ou estes elementos são obtidos após o cálculo estrutural em computador. No programa apresentado a seguir, o ponto de partida são as dimensões das vigas e das respectivas lajes, conforme pode ser observado no fluxograma da figura B.1.

Como variáveis foram utilizados os seguintes elementos:

- A - Largura da viga
- B - Altura da laje para a viga
- C - Novo cálculo de laje
- L - Comprimento da viga
- G - Comprimento de cada longarina - lajpre
- H - Altura da viga
- M - Tipo de laje
- N - Número de gravatas
- O - Novo cálculo de viga
- R - Quantidade de longarinas - lajpre
- T - Comprimento da gravata
- W - Volume da viga
- X - Tipo de elemento estrutural
- AC - Altura correspondente do material inerte da laje nervurada
- AI - Área do material inerte
- AL - Área de fôrma da viga
- AM - Área de fôrma da laje nervurada

AP	- Área de fôrma da laje pré-moldada
AR	- Quantidade de areia no traço do concreto
BR	- Quantidade de brita no traço do concreto
CK	- Resistência característica do concreto
CM	- Comprimento da laje maciça
CN	- Comprimento da laje nervurada
CP	- Comprimento da laje pré-moldada
CR	- Característica do concreto
CT	- Comprimento do tijolo da laje nervurada
EM	- Altura da laje maciça
EN	- Altura da laje nervurada
EP	- Altura do capeamento da laje pré-moldada
GT	- Comprimento acumulado das longarinas - lajpre
HC	- Altura correspondente de concreto na laje nervurada
HT	- Altura do tijolo da laje nervurada
LA	- Área acumulada da fôrma da viga
LM	- Largura da laje maciça
LN	- Largura da laje nervurada
LP	- Largura da laje pré-moldada
LT	- Largura do tijolo da laje nervurada
MI	- Tipo de material inerte
MA	- Área acumulada da laje maciça
MS	- Espessura da mesa da laje nervurada
MT	- Comprimento acumulado da viga
MV	- Volume acumulado da laje maciça
NA	- Área acumulada da laje nervurada
NP	- Número de escoras da viga
NV	- Espessura da nervura
NX	- Distância entre nervuras na direção "x"
NY	- Distância entre nervuras na direção "y"
NW	- Volume acumulado de concreto da laje nervurada
PA	- Área acumulada da laje pré-moldada
PC	- Peso de cimento
PF	- Peso de aço
PV	- Volume acumulado de concreto da laje pré-moldada
PT	- Número acumulado de escoras das vigas
VA	- Volume unitário de areia
VB	- Volume unitário da brita
VI	- Volume do material inerte
VM	- Volume de concreto da laje maciça
VP	- Volume de concreto da laje pré-moldada
VT	- Volume do tijolo da laje nervurada
WT	- Volume acumulado das vigas

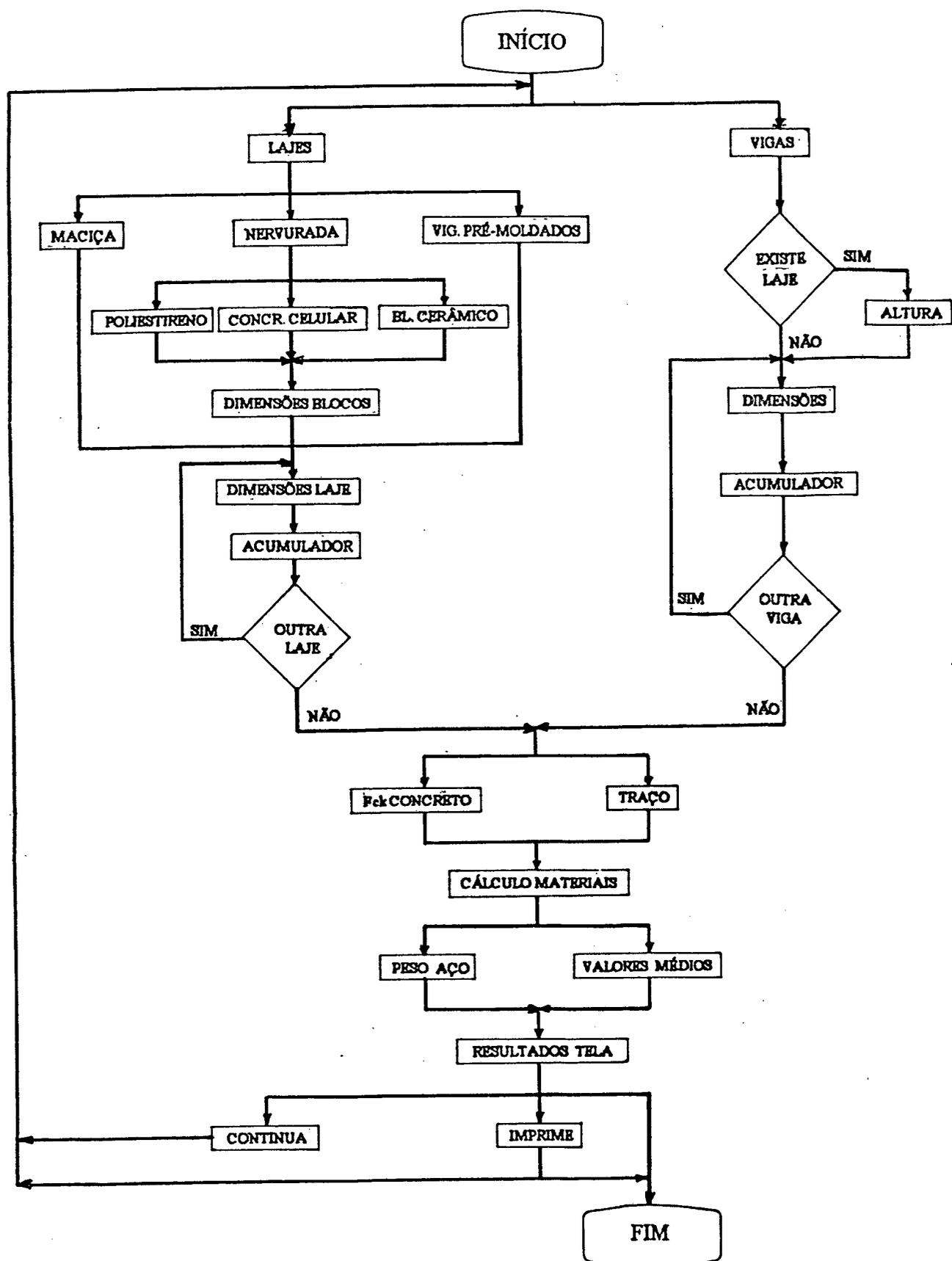


Figura B.1 - Fluxograma do programa de quantitativos

## PROGRAMA DE CÁLCULO

```

10 REM * QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO *
20 REM * VIGAS E LAJES *
30 REM * SÉRGIO CASTELLO BRANCO NAPPI *
40 WT = 0: MT = 0: MV = 0: PV = 0: PT = 0: MA = 0: PA = 0: NV = 0: NA = 0
50 LA = 0: PF = 0
60 Y = 0
70 HOME
80 PRINT "ESCOLHA A ALTERNATIVA <1> VIGAS <2> LAJES"
90 INPUT X
100 IF X = 1 THEN GOTO 130
110 IF X = 2 THEN GOTO 390
120 IF X <> 1 OR X <> 2 THEN GOTO 70
130 HOME
140 INVERSE
150 PRINT "SE NÃO HOUVER LAJE INFORME O VALOR 0"
160 NORMAL : PRINT
170 INPUT "QUAL A ALTURA DA LAJE, EM METROS? ";B
180 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DA VIGA, EM METROS? ";L
190 INPUT "QUAL A LARGURA DA VIGA, EM METROS? ";A
200 INPUT "QUAL A ALTURA DA VIGA, EM METROS?";H
210 W = L * A * H
220 WT = WT + W
230 AL = ((2 * (H - B)) + (A + .05)) * L
240 IF H <= .5 THEN N = INT (L / .4) + 1
250 IF H <= 1 AND H > .5 THEN N = INT (L / .3) + 1
260 IF H > 1 THEN N = INT (L / .25) + 1
270 T = (2 * ((H - B) + .5) + (A + .1)) * N
280 LA = LA + AL
290 MT = MT + T
300 IF H <= .5 THEN NP = INT (L / .8) + 1
310 IF H <= 1 AND H > .5 THEN NP = INT (L / .6) + 1
320 IF H > 1 THEN NP = INT (L / .5) + 1
330 PT = PT + NP
340 HOME
350 INPUT "DESEJA CALCULAR OUTRA VIGA? <1> SIM <2> NÃO ";O
360 IF O = 1 THEN GOTO 180

```

```
370 IF O = 2 THEN GOTO 1050
380 IF O <> 1 OR O <> 2 THEN GOTO 340
390 HOME
400 INPUT "QUAL O TIPO DE LAJE A SER QUANTIFICADA?
<1> MAÇICA
<2>COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS
<3> NERVURADA";M
410 IF M = 1 THEN GOTO 450
420 IF M = 2 THEN GOTO 630
430 IF M = 3 THEN GOTO 750
440 IF M <> 1 OR M <> 2 OR M <> 3 THEN GOTO 390
450 HOME
460 INPUT "QUAL A ESPESSURA DA LAJE, EM METROS? ";EM
470 HOME
480 INVERSE
490 PRINT " LAJE MACIÇA COM ";100 * EM;" cm DE ESPESSURA "
500 PRINT "SE A LAJE FOR IRREGULAR, INFORME AS DIMENSÕES DE UM
RETÂNGULO DE ÁREA EQUIVALENTE"
510 NORMAL
520 VTAB 5
530 INPUT "QUAL A LARGURA DA LAJE, EM METROS? ";LM
540 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DA LAJE, EM METROS? ";CM
550 VM = EM * LM * CM
560 MV = MV + VM
570 AM = LM + CM
580 MA = MA + AM
590 INPUT "DESEJA CALCULAR OUTRA LAJE DESTE TIPO?
      <1>SIM                <2>NÃO": C
600 IF C = 1 THEN GOTO 470
610 IF C = 2 THEN GOTO 1050
620 IF C <> 1 OR C <>2 THEN GOTO 590
630 HOME
640 INPUT "QUAL A ESPESSURA DO CAPEAMENTO DA LAJE, EM
      METROS?";EP
650 HOME
660 INVERSE
670 PRINT"LAJE COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS"
```

```

680 PRINT "SE A LAJE FOR IRREGULAR INFORME AS DIMENSÕES DE UM
RETÂNGULO DE ÁREA EQUIVALENTE"
690 NORMAL
700 VTAB 5
710 INPUT "QUAL A LARGURA DA LAJE, EM METROS? ";LP
720 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DA LAJE, EM METROS? ";CP
730 VP = EP * LP * CP
740 PV = PV + VP
750 AP = LP * CP
760 PA = PA + AP
770 GOSUB 3540
780 INPUT "DESEJA CALCULAR OUTRA LAJE DESTE TIPO?
      <1>SIM                <2>NÃO ;C
790 IF C = 1 THEN GOTO 630
800 IF C = 2 THEN GOTO 1120
810 IF C <> 1 OR C <> 2 THEN GOTO 780
820 INPUT "QUAL O TIPO DE MATERIAL INERTE A SER UTILIZADO?
      <1> POLIESTIRENO EXPANDIDO (ISOPOR)
      <2> CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO
      <3> BLOCO CERAMICO (TIJOLO) ";MI
830 IF MI <> 1 OR MI <> 2 OR MI <> 3 THEN GOTO 820
840 IF MI = 3 THEN GOSUB 3640
850 INPUT "QUAL A ALTURA DA LAJE, EM METROS? ";EN
860 INPUT "QUAL A ESPESSURA DA NERVURA, EM METROS? ";EN
870 INPUT "QUAL A ESPESSURA DA MESA (CAPA), EM METROS? ";MS
880 INPUT "QUAL A DISTÂNCIA ENTRE AS NERVURAS NA DIREÇÃO X,
      EM METROS? ";NX
890 PRINT
900 INVERSE
910 PRINT "SE AS NERVURAS FOREM NUM ÚNICO SENTIDO INFORME O
      VALOR "0" NA DIREÇÃO Y"
920 NORMAL
930 PRINT
940 INPUT "QUAL A DISTÂNCIA ENTRE AS NERVURAS NA DIREÇÃO Y,
      EM METROS? ";NY
950 IF NY <> 0 THEN VI = (EN - MS) * NY * NX : AI = (NY + MS) * y(NX +
      MS)
960 IF NY = 0 THEN VI = (EN - MS) * NX : AI = NX + MS

```

```

970 AC = VI / AI
980 HC = EN - AC
990 HOME
1000 INVERSE
1010 PRINT "SE A LAJE FOR IRREGULAR, INFORME AS DIMENSÕES DE
        UM RETÂNGULO DE ÁREA EQUIVALENTE"
1020 NORMAL
1030 VTAB 5
1040 INPUT "QUAL A LARGURA DA LAJE, EM METROS? ";LN
1050 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DA LAJE, EM METROS? ";CN
1060 AN = LN * CN
1070 NA = NA + AN
1080 INPUT "DESEJA CALCULAR OUTRA LAJE DESTE TIPO?
        <1>SIM                <2>NÃO ;C
1090 IF C = 1 THEN GOTO 990
1100 IF C = 2 THEN GOTO 1120
1110 IF C <> 1 OR C <> 2 THEN GOTO 1080
1120 REM * QUANTITATIVOS *
1130 HOME
1140 INPUT "QUAL DOS ELEMENTOS CARACTERIZA O CONCRETO A SER
        UTILIZADO <1> RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA <2> TRAÇO ";CR
1150 IF CR = 1 THEN GOTO 1180
1160 IF CR = 2 THEN GOTO 1240
1170 IF CR <> 1 OR CR <> 2 THEN GOTO 1140
1180 INPUT "QUAL A RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO CONCRETO?
        <1>13,5 MPa <2>15,0 MPa <3>18,0 MPa <4>21,0 MPa ";CK
1190 IF CK = 1 THEN AR = 2,5 : BR = 5
1200 IF CK = 2 THEN AR = 2,5 : BR = 4
1210 IF CK = 3 THEN AR = 2 : BR = 4
1220 IF CK = 4 THEN AR = 3 : BR = 3
1230 IF CK <> 1 OR CK <> 2 OR CK <> 3 OR CK <> 4 THEN GOTO 1180
1240 INPUT "QUAL A QUANTIDADE DE AREIA NO TRAÇO? ";AR
1250 INPUT "QUAL A QUANTIDADE DE BRITA NO TRAÇO? ";BR
1260 PC = 1000 / (((1 / 3.1) + ((AR * 1.38) / (2.6 * 1.42)) + ((BR * 1.41) / 2.57 *
        1.42)) + (1 + AR + BR) / 12)
1270 VA = AR * PC / 1.42
1280 VB = BR * PC / 1.42
1290 HOME

```

```

1300 INVERSE
1310 PRINT "CASO NÃO TENHA CONHECIMENTO INFORME 0 "
1320 NORMAL
1330 INPUT "QUAL O PESO DO AÇO A SER UTILIZADO? ";PF
1340 IF PF = 0 AND X = 1 AND B <> H THEN : PF = WT * 110
1350 IF PF = 0 AND X = 1 AND B = H THEN : PF = WT * 140
1360 IF PF = 0 AND X = 2 AND M = 1 THEN : PF = MV * 40
1370 IF PF = 0 AND X = 2 AND M = 2 THEN : PF = PV * 20
1380 IF PF = 0 AND X = 2 AND M = 3 THEN : PF = HC * 50 * NA
1390 IF X = 2 AND M = 1 THEN GOTO 1780
1400 IF X = 2 AND M = 2 THEN GOTO 2130
1410 IF X = 2 AND MI = 1 THEN GOTO 2450
1420 IF X = 2 AND MI = 2 THEN GOTO 2820
1430 IF X = 2 AND MI = 3 THEN GOTO 3180
1440 HOME
1450 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTDADE"
1460 PRINT "       VIGAS"
1470 PRINT "1.1   FORMAS ("; INT(LA); " m2)
1480 PRINT "1.12  Tábuas 2,5x20x250   un   "; INT (LA / .5)
1490 PRINT "1.13  Sarrafos 2,5x5         m    "; INT (MT)
1500 PRINT "1.14  Escoras Ø 7,5x300       un   "; INT (PT)
1510 PRINT "1.15  Pregos                   kg   "; INT (LA * .2)
1520 PRINT "1.2   ARMADURA "
1530 PRINT "1.21  Aço CA-50                kg   "; INT (PF)
1540 PRINT "1.22  Arame recozido           kg   "; INT (PF * .02)
1550 PRINT "1.3   CONCRETO ("; (INT(WT * 100))) / 100 ; "m3")
1560 PRINT "1.31  Cimento                  kg   "; INT ((PC + 1) * WT)
1570 PRINT "1.32  Areia                    m3   "; INT (VA * WT * .125) / 100
1580 PRINT "1.33  Brita                    m3   "; INT (VB * WT * .1) / 100
1590 PRINT "1.4   MÃO DE OBRA "
1600 PRINT "1.41  Carpinteiro              h    "; INT (LA * 1.3)
1610 PRINT "1.42  Armador                  h    "; INT (PF * .08)
1620 PRINT "1.43  Pedreiro                 h    "; INT (WT * 3)
1630 PRINT "1.44  Ajudante/servente       h    "; INT (LA * 1.3) + (PF * .08) +
      (WT * 10))
1640 PRINT "1.5   Leis Sociais             %"
1650 PRINT "1.6   B. D. I.                 %"
1660 IF Y = 1 THEN END : PR # 0

```

```

1670 INVERSE
1680 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "
1690 NORMAL
1700 INPUT Y
1710 IF Y = 3 THEN END
1720 IF Y = 2 THEN GOTO10
1730 IF Y = 1 THEN GOTO 1740
1740 PR # 1
1750 PRINT CHR$(9);"80N"
1760 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTD   PREÇO UNIT. "
      PREÇO TOTAL"
1770 GOTO 1460
1780 HOME
1790 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTD"
1800 PRINT "   LAJE MACIÇA "
1810 PRINT "1.1   FÔRMAS ("; INT(MA); " m2)
1820 PRINT "1.12  Madeirit 110x220   un   ";INT (MA / 2.42)
1830 PRINT "1.13  Tábuas 2,5x20x250. un   "; INT (MA)
1840 PRINT "1.14  Tábuas 2,5x10x250   un   "; INT (MA * 1.2))
1850 PRINT "1.15  Escoras Ø 7,5x300   un   "; INT (MA)
1860 PRINT "1.16  Pregos                 kg   "; INT (MA * 2) / 10
1870 PRINT "1.2   ARMADURA "
1880 PRINT "1.21  Aço CA-60             kg   "; INT (PF)
1890 PRINT "1.22  Arame recozido       kg   "; INT (PF * .02)
1900 PRINT "1.3   CONCRETO ("; (INT(MV * 100))) / 100 ; "m3")
1910 PRINT "1.31  Cimento              kg   "; INT ((PC + 1) * MV)
1920 PRINT "1.32  Areia                 m3   "; INT (VA * MV * .125) / 100
1930 PRINT "1.33  Brita                 m3   "; INT (VB * MV * .1) / 100
1940 PRINT "1.4   MÃO DE OBRA "
1950 PRINT "1.41  Carpinteiro          h   "; INT (MA * .8)
1960 PRINT "1.42  Armador              h   "; INT (PF * .07)
1970 PRINT "1.43  Pedreiro             h   "; INT (MV * 5)
1980 PRINT "1.44  Ajudante/servente   h   "; INT (MA * .8) + (PF * .07) +
      (WT * 18))
1990 PRINT "1.5   Leis Sociais         %"
2000 PRINT "1.6   B. D. I.             %"
2010 IF Y = 1 THEN END : PR # 0
2020 INVERSE

```

```

2030 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "
2040 NORMAL
2050 INPUT Y
2060 IF Y = 3 THEN END
2070 IF Y = 2 THEN GOTO 10
2080 IF Y = 1 THEN GOTO 2090
2090 PR # 1
2100 PRINT CHR$(9);"80N"
2110 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO    UNID QTDADE    PREÇO UNIT.
        PREÇO TOTAL"
2120 GOTO 1800
2130 HOME
2140 PRINT "ITEM DISCRIMINACAO    UNID QTDADE"
2150 PRINT "    LAJE COM VIGOTES PRÉ-MOLDADOS "
2160 PRINT "1.1  Vigotes e tijolos    m2    "; INT(PA)
2170 PRINT "1.2  FÔRMAS ("; INT(GT); " m)
2180 PRINT "1.21 Tábuas 2,5x20x250    un    "; INT (GT / 2.5)
2190 PRINT "1.22 Escoras Ø 7,5x300    un    "; INT (GT / 2.5 * 1.5)
2200 PRINT "1.23 Pregos                    kg    "; INT (GT * 1.5 * .15 / 2.5) / 10
2210 PRINT "1.3  ARMADURA "
2220 PRINT "1.31 Aço CA-60                    kg    "; INT (PF)
2230 PRINT "1.32 Arame recozido                kg    "; INT (PF * .02)
2240 PRINT "1.4  CONCRETO ("; (INT(PV * 100))) / 100 ; "m3")
2250 PRINT "1.41 Cimento                    kg    "; INT ((PC + 1) * PV)
2260 PRINT "1.42 Areia                        m3    "; INT (VA * PV * .125) / 100
2270 PRINT "1.43 Brita                        m3    "; INT (VB * PV * .1) / 100
2280 PRINT "1.5  MÃO DE OBRA "
2290 PRINT "1.51 Pedreiro                    h    "; INT (PA * .7)
2300 PRINT "1.52 Ajudante/servente          h    "; INT (PA)
2310 PRINT "1.6  Leis Sociais                    %"
2320 PRINT "1.7  B. D. I.                      %"
2330 IF Y = 1 THEN END : PR # 0
2340 INVERSE
2350 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "
2360 NORMAL
2370 INPUT Y
2380 IF Y = 3 THEN END
2390 IF Y = 2 THEN GOTO 10

```

```

2400 IF Y = 1 THEN GOTO 2340
2410 PR # 1
2420 PRINT CHR$( 9);"80N"
2430 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTDADE   PREÇO UNIT.
      PREÇO TOTAL"
2440 GOTO 2080
2450 HOME
2460 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTDADE"
2470 PRINT "   LAJE NERVURADA POLIEST. EXPAND."
2480 PRINT "1.1   Poliestireno expandido m3   "; INT(AC * NA) + 1
2490 PRINT "1.2   FÔRMAS ("; INT(NA); " m2)
2500 PRINT "1.22  Madeirit 110x220   un   ";INT (NA / 2.42)
2510 PRINT "1.23  Tábuas 2,5x20x250   un   "; INT (NA)
2520 PRINT "1.24  Tábuas 2,5x10x250   un   "; INT (NA * 1.2))
2530 PRINT "1.25  Escoras Ø 7,5x300   un   "; INT (NA)
2540 PRINT "1.26  Pregos   kg   "; INT (NA * 2) / 10
2550 PRINT "1.3   ARMADURA "
2560 PRINT "1.31  Aço CA-60   kg   "; INT (PF)
2570 PRINT "1.32  Arame recozido   kg   "; INT (PF * .02)
2580 PRINT "1.33  Tela de arame   m2   "; INT (NA * 1.05)
2590 PRINT "1.4   CONCRETO ("; (INT(HC * NA * 100)) / 100 ; "m3")
2600 PRINT "1.41  Cimento   kg   "; INT ((PC + 1) * HC * NA)
2610 PRINT "1.42  Areia   m3   "; INT (VA * HC * NA * .125) /
      100
2620 PRINT "1.43  Brita   m3   "; INT (VB * HC * NA * .1) / 100
2630 PRINT "1.5   MÃO DE OBRA "
2640 PRINT "1.51  Carpinteiro   h   "; INT (NA * .8)
2650 PRINT "1.52  Armador   h   "; INT (PF * .07)
2660 PRINT "1.53  Pedreiro   h   "; INT (HC * NA * 6.5)
2670 PRINT "1.54  Ajudante/servente   h   "; INT (NA * .8) + (PF * .07) +
      (MW * 18))
2680 PRINT "1.6  Leis Sociais   %"
2690 PRINT "1.7  B. D. I.   %"
2700 IF Y = 1 THEN END : PR # 0
2710 INVERSE
2720 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "
2730 NORMAL
2740 INPUT Y

```

```

2750 IF Y = 3 THEN END
2760 IF Y = 2 THEN GOTO 10
2770 IF Y = 1 THEN GOTO 2780
2780 PR # 1
2790 PRINT CHR$(9);"80N"
2800 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTD   PREÇO UNIT. "
      PREÇO TOTAL"
2810 GOTO 2470
2820 HOME
2830 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTD"
2840 PRINT "   LAJE NERVURADA CONCRETO CELULAR."
2850 PRINT "1.1   Concreto celular m3   "; INT(AC * NA) + 1
2860 PRINT "1.2   FÔRMAS ("; INT(NA); " m2)
2870 PRINT "1.2.2  Madeirit 110x220   un   "; INT (NA / 2.42)
2880 PRINT "1.2.3  Tábuas 2,5x20x250   un   "; INT (NA)
2890 PRINT "1.2.4  Tábuas 2,5x10x250   un   "; INT (NA * 1.2))
2900 PRINT "1.2.5  Escoras Ø 7,5x300   un   "; INT (NA)
2910 PRINT "1.2.6  Pregos                   kg   "; INT (NA * 2) / 10
2920 PRINT "1.3   ARMADURA "
2930 PRINT "1.3.1  Aço CA-60               kg   "; INT (PF)
2940 PRINT "1.3.2  Arame recozido          kg   "; INT (PF * .02)
2950 PRINT "1.4   CONCRETO ("; (INT(HC * NA * 100)) / 100 ; "m3")
2960 PRINT "1.4.1  Cimento                  kg   "; INT ((PC + 1) * HC * NA)
2970 PRINT "1.4.2  Areia                    m3   "; INT (VA * HC * NA * .125) /
      100
2980 PRINT "1.4.3  Brita                    m3   "; INT (VB * HC * NA * .1) / 100
2990 PRINT "1.5   MÃO DE OBRA "
3000 PRINT "1.5.1  Carpinteiro              h   "; INT (NA * .8)
3010 PRINT "1.5.2  Armador                  h   "; INT (PF * .07)
3020 PRINT "1.5.3  Pedreiro                 h   "; INT (HC * NA * 6.2)
3030 PRINT "1.5.4  Ajudante/servente       h   "; INT (NA * .8) + (PF * .07) +
      (MW * 18.6))
3040 PRINT "1.6   Leis Sociais              %"
3050 PRINT "1.7   B. D. I.                  %"
3060 IF Y = 1 THEN END : PR # 0
3070 INVERSE
3080 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "
3090 NORMAL

```

```

3100 INPUT Y
3110 IF Y = 3 THEN END
3120 IF Y = 2 THEN GOTO 10
3130 IF Y = 1 THEN GOTO 2750
3140 PR # 1
3150 PRINT CHR$(9);"80N"
3160 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO    UNID QTDADE    PREÇO UNIT.
      PREÇO TOTAL"
3170 GOTO 2770
3180 HOME
3190 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO    UNID QTDADE"
3200 PRINT "    LAJE NERVURADA BLOCO CERÂMICO."
3210 PRINT "1.1    Tijolos ";100 * LT;"x";100 * HT;"x";100 * CT;"    un    ";INT
      (AC * NA / VT)
3220 PRINT "1.2    FÔRMAS ("; INT(NA); " m2)
3230 PRINT "1.22   Madeirit 110x220    un    ";INT (NA / 2.42)
3240 PRINT "1.23   Tábuas 2,5x20x250    un    "; INT (NA)
3250 PRINT "1.24   Tábuas 2,5x10x250    un    "; INT (NA * 1.2))
3260 PRINT "1.25   Escoras Ø 7,5x300    un    "; INT (NA)
3270 PRINT "1.26   Pregos                    kg    "; INT (NA * 2) / 10
3280 PRINT "1.3    ARMADURA "
3290 PRINT "1.31   Aço CA-60                    kg    "; INT (PF)
3300 PRINT "1.32   Arame recozido                kg    "; INT (PF * .025)
3310 PRINT "1.4    CONCRETO ("; (INT(HC * NA * 100)) / 100 ; "m3")
3320 PRINT "1.41   Cimento                    kg    "; INT ((PC + 1) * HC * NA)
3330 PRINT "1.42   Areia                        m3    "; INT (VA * HC * NA * .125) /
      00
3340 PRINT "1.43   Brita                        m3    "; INT (VB * HC * NA * .1) / 100
3350 PRINT "1.5    MÃO DE OBRA "
3360 PRINT "1.51   Carpinteiro                    h    "; INT (NA * .8)
3370 PRINT "1.52   Armador                        h    "; INT (PF * .07)
3380 PRINT "1.53   Pedreiro                        h    "; INT (HC * NA * 6.3)
3390 PRINT "1.54   Ajudante/servente              h    "; INT (NA * .8) + (PF * .07) +
      (MW * 19.2))
3400 PRINT "1.6   Leis Sociais                    %"
3410 PRINT "1.7   B. D. I.                        %"
3420 IF Y = 1 THEN END : PR # 0
3430 INVERSE

```

```
3440 PRINT "<1>IMPRIMIR <2> CONTINUAR <3> TERMINAR "  
3450 NORMAL  
3460 INPUT Y  
3470 IF Y = 3 THEN END  
3480 IF Y = 2 THEN GOTO 10  
3490 IF Y = 1 THEN GOTO 3500  
3500 PR # 1  
3510 PRINT CHR$(9);"80N"  
3520 PRINT "ITEM DISCRIMINAÇÃO   UNID QTDADE   PREÇO UNIT.  
      PREÇO TOTAL"  
3530 GOTO 3130  
3540 HOME  
3550 IF LP < CP THEN : G = CP  
3560 R = INT (LP / 1.7)  
3570 GS = G * R  
3580 GOTO 3620  
3590 IF LP > CP THEN : G = LP  
3600 R = INT (CP / 1.7)  
3610 GS = G * R  
3620 GT = GT + GS  
3630 RETURN  
3640 HOME  
3650 INPUT "QUAL A LARGURA DO BLOCO CERÂMICO, EM METROS? ";LT  
3660 INPUT "QUAL A ALTURA DO BLOCO CERÂMICO, EM METROS? ";HT  
3670 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DO BLOCO CERÂMICO, EM  
      METROS?   ":CT  
3680 VT = HT * LT * CT  
3690 PRINT  
3700 INVERSE  
3710 PRINT "BLOCO CERÂMICO (TIJOLO) COM "; 100 * LT;"x";100 *  
      HT;"x";100 * CT;" cm"  
3720 NORMAL  
3730 PRINT : PRINT "CONFIRMA OS DADOS? <1> SIM <2> NÃO "  
3740 INPUT S  
3750 IF S = 2 THEN GOTO 3710  
3760 IF S = 1 THEN RETURN  
3770 IF S <> 1 OR S <> 2 THEN GOTO 3730
```