

11821

LINGUAGEM ORIENTADA E ESTRUTURA DE DADOS  
PARA PROJETO AUTOMÁTICO DE EDIFÍCIOS

HENRIQUE JORGE BRODBECK

Dissertação apresentada ao corpo docente do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

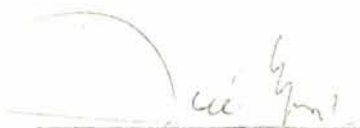
Porto Alegre  
Agosto de 1982

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Curso de Pós-Graduação.



---

Prof. Mauricio Sarrazin  
Orientador



---

Prof. José S. Gomes Franco  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Eng. Civil

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Mauricio Sarrazin, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. José S. Gomes Franco, pelo apoio à realização do projeto PROADE.

À Prof. Maria Inês Gobbo dos Santos, ao Prof. Ronald J. Ellwanger e ao Eng. Eduardo Giugliani, pelas valiosas sugestões recebidas ao longo deste projeto.

Aos colegas da equipe LORANE, pelo constante estímulo.

À CNEN, CNPq e FINEP, pelo auxílio financeiro.

A todos os que colaboraram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E QUADROS.....	VIII
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUÇÃO.....	
1.1 O Projeto Estrutural de Edifícios e o Computador....	1
1.2 Desenvolvimentos em Sistemas de Projetos Estruturais.....	2
1.3 Histórico do Sistema PROADE.....	3
1.4 Arquitetura do Sistema PROADE.....	4
2 DESCRIÇÃO DE UM PROBLEMA PROADE.....	7
2.1 Introdução.....	7
2.2 Descrição da Geometria.....	7
2.2.1 Sistema de Referência.....	7
2.2.2 Eixos.....	8
2.2.3 Pisos.....	9
2.2.4 Classes de Pisos.....	10
2.2.5 Pilares.....	11
2.2.6 Vigas.....	13
2.2.7 Vigas Contínuas.....	16
2.2.8 Lajes.....	18
2.2.9 Classe de Seções.....	19
2.2.10 Constantes Gerais e Valores-Padrões .....	20
2.2.11 Seções de Cálculo.....	22
2.3 Descrição das Cargas Externas.....	23
2.3.1 Conceitos Básicos.....	23
2.3.2 Cargas em Lajes.....	25
2.3.3 Cargas em Vigas.....	28
2.3.4 Cargas em Pilares.....	28
2.3.5 Reações.....	28
2.3.6 Cargas Horizontais de Vento.....	29

2.3.7	Cargas Horizontais de Sismo.....	30
2.4	Resultados da Análise.....	30
2.4.1	Fases da Análise.....	30
2.4.2	Esforços em Lajes.....	31
2.4.3	Esforços em Vigas.....	31
2.4.4	Esforços em Pilares.....	32
2.5	Resultados do Dimensionamento.....	33
2.5.1	Solicitações de Cálculo.....	33
2.5.2	Dimensionamento de Lajes.....	33
2.5.3	Dimensionamento de Vigas.....	34
2.5.4	Dimensionamento de Pilares.....	35
3	ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE DADOS.....	37
3.1	Alocação Dinâmica das Estruturas de Armazenamento....	37
3.2	Reconhecimento Sintático.....	40
3.3	Os COMMONS de Uso Geral.....	43
3.4	Estruturas da Etapa Geométrica.....	57
3.5	Estruturas da Etapa de Cargas.....	57
3.6	Estruturas da Etapa de Análise.....	74
3.7	Estruturas da Etapa de Dimensionamento.....	78
3.8	Arquivos do Sistema.....	78
3.8.1	Arquivos Gerais.....	78
3.8.2	Arquivos de Interface com a Análise Primária..	80
3.8.3	Arquivos de Resultados.....	82
4	LINGUAGEM DE COMANDOS.....	90
4.1	Descrição da Sintaxe.....	90
4.2	Forma de Backus-Naur (BNF).....	90
4.3	Componentes da Linguagem.....	91
4.3.1	Sintaxe.....	91
4.3.2	Pragmática.....	93
4.3.3	Exemplos.....	93
4.4	Diagramas de Sintaxe.....	94
4.5	Estrutura de um Programa PROADE.....	98
4.6	Comandos Globais.....	99
4.6.1	Comando FIM.....	99
4.6.2	Comando LIMITES.....	99
4.6.3	Comando LISTAR/NÃO LISTAR.....	100
4.6.4	Comando MUDAR/NÃO MUDAR.....	101

4.6.5	Comando TITULO.....	102
4.6.6	Comando UNIDADES.....	102
4.7	Comandos de Geometria.....	103
4.7.1	Comando CLASSE DE PISOS.....	103
4.7.2	Comando CLASSE DE SEÇÕES.....	104
4.7.3	Comando CONSTANTES.....	107
4.7.4	Comando EIXOS.....	109
4.7.5	Comando ELIMINAR.....	111
4.7.6	Comando ETAPA GEOMÉTRICA.....	111
4.7.7	Comando IMPRIMIR GEOMETRIA.....	113
4.7.8	Comando LOCALIZAÇÃO.....	115
4.7.9	Comando PROPRIEDADES.....	119
4.7.10	Comando VIGAS CONTINUAS.....	122
4.7.11	Comando VINCULAÇÃO.....	123
4.8	Comandos de Cargas.....	114
4.8.1	Comando CARGAS EXTRAS.....	124
4.8.2	Comando CARREGAMENTOS.....	129
4.8.3	Comando ETAPA DE CARGAS.....	131
4.8.4	Comando IMPRIMIR CARGAS.....	131
4.9	Comandos de Análise.....	133
4.9.1	Comando ANÁLISE.....	133
4.9.2	Comando ETAPA DE ANÁLISE.....	134
4.9.3	Comando IMPRIMIR ESFORÇOS.....	134
4.9.4	Comando SEÇÕES DE CÁLCULO.....	136
4.10	Comandos de Dimensionamento.....	137
4.10.1	Comando DIMENSIONAMENTO.....	137
4.10.2	Comando ETAPA DE DIMENSIONAMENTO.....	137
4.10.3	Comando IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO.....	137
5	ESTRUTURA DE ROTINAS E FLUXO DO SISTEMA.....	140
5.1	Organização Geral do Sistema.....	140
5.2	Módulo EXECUTIVO.....	143
5.3	Módulo de GEOMETRIA (subrotina ETGEOM).....	144
5.4	Módulo de CARGAS (subrotina ETCARR).....	147
5.4.1	Parâmetros.....	147
5.4.2	Função.....	147
5.4.3	Descrição.....	147
5.5	Módulo de ANÁLISE (subrotina ETANA).....	147

5.5.1	Parâmetros .....	147
5.5.2	Função .....	147
5.5.3	Descrição .....	149
5.6	Módulo de DIMENSIONAMENTO (subrotina ETDIME) .....	151
5.6.1	Parâmetros .....	151
5.6.2	Função .....	151
5.6.3	Descrição .....	151
5.7	Rotinas Interpretadoras .....	152
5.7.1	Rotinas Chamadas por Qualquer Módulo (comandos globais) .....	152
5.7.2	Rotinas do Comando de GEOMETRIA .....	153
5.7.3	Rotinas do Módulo de CARGAS .....	153
5.7.4	Rotinas do Módulo de ANÁLISE .....	153
5.7.5	Rotinas do Módulo de DIMENSIONAMENTO .....	154
5.8	Rotinas de Análise Sintática .....	154
5.8.1	Subrotina SCAN .....	154
5.8.2	Função Lógica SCEXIS .....	154
5.8.3	Função Lógica SCHAVE .....	155
5.8.4	Função Lógica SCINT .....	155
5.8.5	Subrotina SCLAB .....	156
5.8.6	Subrotina SCLIST .....	156
5.8.8	Função Lógica SCREAL .....	157
5.9	Rotinas Utilitárias .....	158
5.9.1	Subrotina ALOCA3 .....	158
5.9.2	Função Lógica BIT .....	157
5.9.3	Subrotina BITOFF .....	159
5.9.4	Subrotina BITON .....	159
5.9.5	Subrotina DUMP3 .....	160
5.9.6	Subrotina ERRO .....	160
5.9.7	Subrotina LIBER3 .....	161
5.9.8	Subrotina STATUS .....	161
5.10	Rotinas Auxiliares .....	161
6	CONCLUSÕES .....	163
	APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO .....	165
	APÊNDICE B - RESUMO DOS DADOS DE UM PROBLEMA PROADE .....	174
	APÊNDICE C - RESUMO DAS ESTRUTURAS DE DADOS DO SISTEMA .....	178
	APÊNDICE D - RESUMO DOS ATRIBUTOS DOS ARQUIVOS DO SISTEMA .....	183
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	184

## LISTA DE FIGURAS E QUADROS

### Figuras

Figura 1.1	Arquitetura do sistema PROADE.....	6
Figura 2.1	Sistema de eixos de referência.....	8
Figura 2.2	Eixos auxiliares.....	10
Figura 2.3	Numeração e altura dos pisos.....	11
Figura 2.4	Classes de pisos.....	12
Figura 2.5	Pilares.....	12
Figura 2.6	Posições relativas da seção transversal.....	13
Figura 2.7	Propriedades do pilar - Corte transversal.....	14
Figura 2.8	Localização e propriedades da viga - Planta Baixa.....	15
Figura 2.9	Propriedades da viga - Elevação.....	15
Figura 2.10	Propriedades da viga - Corte transversal.....	16
Figura 2.11	Vinculações possíveis em vigas.....	16
Figura 2.12	Viga contínua (a) e sua representação esquemá- tica (b).....	17
Figura 2.13	Laje retangular definida por $X_i, Y_s, X_j, Y_r$ .....	18
Figura 2.14	Laje em L definida por $X_i, Y_s, X_j, Y_t, X_k, Y_r$ .....	18
Figura 2.15	n seções de cálculo equidistantes em uma viga...	23
Figura 2.16	Seções de cálculo especificadas pela distância em relação ao apoio esquerdo.....	23
Figura 2.17	Lajes submetidas a carga acidental no estado de sobrecarga 0.....	26
Figura 2.18	Lajes submetidas a carga acidental no estado de sobrecarga 1.....	27
Figura 2.19	Esforços em lajes.....	31
Figura 2.20	Esforços em uma seção genérica de uma viga.....	32
Figura 2.21	Esforços em pilares.....	33
Figura 2.22	Armaduras em lajes.....	34
Figura 2.23	Armadura em vigas.....	35
Figura 2.24	Armaduras em pilares.....	36



Figura 4.1	Classes de seções transversais.....	106
Figura 4.2	Sistemas de eixos X e Y.....	110
Figura 4.3	Geração de pilares com o uso de LOCALIZAÇÃO e ELIMINAR.....	112
Figura 4.4	Forças HORIZONTAIS, aplicadas nos pisos.....	126
Figura 4.5	Carga CONCENTRADA em vigas.....	126
Figura 4.6	Carga UNIFORME em vigas.....	126
Figura 4.7	Carga LINEAR em vigas.....	127
Figura 4.8	Carga de MOMENTO em vigas.....	127
Figura 4.9	Carga CONCENTRADA em lajes.....	127
Figura 4.10	Carga LINEAR em lajes.....	129
Figura 4.11	Seções eqüidistantes em vigas.....	137
Figura 4.12	Seções dadas por POSIÇÃO em vigas.....	137
Figura 5.1	Organização geral do sistema.....	141
Figura 5.2	Fluxo de sistema.....	142
Figura 5.3	Fluxo do módulo EXECUTIVO.....	145
Figura 5.4	Fluxo do módulo de GEOMETRIA.....	146
Figura 5.5	Fluxo do módulo de CARGAS.....	148
Figura 5.6	Fluxo do módulo de ANÁLISE.....	150
Figura 5.7	Fluxo do módulo de DIMENSIONAMENTO.....	152
Figura A.1	Esquema da estrutura - Classe de pisos 1.....	167
Figura A.2	Esquema da estrutura - Classes de pisos 2 e 3...	168
Figura A.3	Listagem do programa PROADE.....	171

#### Quadros

Quadro 3.1	Armazenamento no COMMON /BLOC01/.....	43
Quadro 3.2	Armazenamento no COMMON /BLOC02/.....	49
Quadro B.1	Resumo dos dados de um problema PROADE.....	174
Quadro C.1	Resumo das estruturas de dados do sistema.....	178
Quadro D.1	Atributos dos arquivos.....	183

## RESUMO

Uma linguagem orientada ao problema de projeto estrutural de edifícios e a correspondente estrutura de armazenamento de dados são apresentados, como núcleo principal do sistema PROADE. Objetiva-se assim permitir ao engenheiro estrutural descrever o problema em termos correntes de Engenharia, organizando-se os dados recebidos para posterior análise e dimensionamento da estrutura.

São discutidos o problema PROADE e os dados correspondentes, seguidos pela descrição das estruturas de armazenamento de dados do sistema. A seguir, define-se a linguagem PROADE e finalmente apresenta-se a organização do sistema PROADE.

## ABSTRACT

A problem oriented language for the structural design of buildings is presented, as well as the corresponding data-storage structures, working as the kernel of the PROADE system. Its purpose is to aid the structural engineer in the description of the problem using standard engineering terms. The data provided are organized for further analysis and dimensioning of the building structure.

The PROADE problem and related data are discussed, followed by the description of data storage structures and the definition of the PROADE language. Finally, the PROADE system organization is presented.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 - O Projeto Estrutural de Edifícios e o Computador

A utilização do computador na engenharia estrutural remonta à década de 50, mas desde então sua função não tem mudado muito: é empregado na maioria das vezes como uma calculadora sofisticada, resolvendo o problema da análise estrutural. Seu uso mais eficiente e mais importante, como ferramenta de projeto, entretanto, está apenas iniciando. Desenvolvimentos em *hardware* e *software* permitem ao engenheiro estrutural interação a nível gráfico com os programas, controlando os processos de análise e de projeto, além de simplificar a tarefa de entrada de dados.

O concreto armado é, sem dúvida, o material mais empregado em estruturas de edifícios em nosso país e na América Latina, de uma forma geral. Muito poucos exemplos existem de edifícios com estrutura de aço ou madeira, enquanto que o uso de blocos estruturais vazados está apenas iniciando.

A importância de um sistema para projeto estrutural cresce quando se leva em conta a existência de cronogramas apertados e a exigência, por parte de clientes, de obter com maior rapidez o projeto estrutural. Nestes casos, é comum aproximar-se as reações do edifício e dimensionar-se as fundações antes de se proceder ao cálculo estrutural mais acurado do restante da estrutura do edifício. Os métodos tradicionais podem induzir o projetista a erros grosseiros na estimativa da distribuição destas cargas, tanto para mais quanto para menos, com conseqüências desagradáveis, quer na segurança da estrutura, quer no orçamento do cliente.

É visível, portanto, a importância de um sistema para projeto estrutural automático de edifícios. O tempo total necessário para obter-se os resultados da análise e do dimensionamento dos elementos estruturais é, desta forma, reduzido para

poucas horas, considerando-se a preparação dos dados e conferência de erros e reexecução. O projeto ótimo, tendo em vista o menor custo da estrutura, pode ser obtido automaticamente pelo sistema ou através de alterações controladas pelo projetista na topologia da estrutura ou nas dimensões dos elementos estruturais.

Adicionando-se a este sistema as facilidades de entrada direta de dados e saída gráfica, em vídeo ou papel, conhecidas como CAD ou "computer aided design", pode-se diminuir ainda mais o esforço do projetista, com um aumento exponencial da confiança nos resultados, eliminando-se as volumosas listagens de resultados numéricos a serem interpretados e transformados manualmente em desenhos.

De um sistema para projeto estrutural de edifícios baseado em computador exige-se as funções combinadas de análise da estrutura e de dimensionamento dos elementos estruturais. É fundamental que o usuário tenha controle sobre o dimensionamento, de forma que sua experiência e julgamento possam ser usados. Muito importante também é uma entrada de dados minimizada e automatizada e um esquema eficiente de armazenamento e gerenciamento dos dados.

## 1.2 - Desenvolvimentos em Sistemas de Projetos Estruturais

Não são abundantes os exemplos de sistemas orientados ao projeto estrutural de edifícios, encontrando-se com mais facilidade programas isolados ou pequenos conjuntos de programas para dimensionamento de elementos estruturais, a partir de resultados de programas ou sistemas de análise.

Os sistemas de análise de estruturas de edifícios utilizam geralmente o modelo de pórticos planos com vários vãos e vários andares, com diafragmas rígidos nos pisos. Também é utilizado o modelo de pórtico espacial tridimensional. Pode-se citar os programas de Humar & Khandoker<sup>7</sup> e o sistema CONFAP<sup>9</sup>, utilizando a análise inelástica.

A análise de segunda ordem encontra exemplo no trabalho de Antunes<sup>1</sup>, orientado para edifícios altos, onde é imposto o equilíbrio na posição deformada da estrutura.

Entre os sistemas integrados de análise e de projeto, destaca-se o GTSTRUDL/RC, desenvolvido por Swanger<sup>10</sup> baseado no sistema ICES-STRUDL. A entrada de dados é interativa, o que é muito eficiente em sistemas com grande capacidade de atendimento aos usuários remotos, uma vez que o projeto é um processo dependente do usuário.

Em nosso meio, uma primeira aproximação para a integração análise-projeto é o programa desenvolvido por Hennemann, Knijnik e Tavares<sup>6</sup>, para determinação de esforços e dimensionamento de pisos de edifícios.

### 1.3 - Histórico do Sistema PROADE

A proposta do sistema PROADE - Projeto Automático de Edifícios - é suprir a demanda de um sistema integrado atendendo às exigências citadas no artigo 1.1. Ele resulta de um esforço conjunto entre a Universidade de Chile e o CPGEC-UFRGS.

A organização modular do sistema permite que seu desenvolvimento e implantação seja feito em etapas, como efetivamente vem ocorrendo. Sob a orientação geral do Prof. Sarrazin, da Universidade de Chile, foram desenvolvidos no CPGEC-UFRGS por Ellwanger<sup>2</sup> os procedimentos da análise primária, implantados como um processo independente do sistema. Também na UFRGS, estão sendo desenvolvidos por Giugliani os procedimentos para a análise secundária, como uma unidade do módulo de ANÁLISE do PROADE.

Na Universidade de Chile, está em desenvolvimento o módulo GRÁFICO, cuja finalidade é gerar a saída em *plotter* de todos os desenhos atinentes a um projeto estrutural, como plantas de formas, de armaduras e de detalhes de todos os elementos estruturais.

O presente trabalho consiste na definição e implementação de uma linguagem orientada ao problema e da organização das estruturas de armazenamento dos dados relativos a um problema PROADE.

As linguagens orientadas ao problema (LOP), consistem em um conjunto de comandos ligados por uma sintaxe. Sua utilização na Engenharia iniciou-se com sistemas para análise

estrutural e para traçado de estradas, sendo hoje largamente empregadas. Em nosso meio, uma das primeiras aplicações de LOP é o sistema LORANE<sup>4</sup> e mais recentemente o sistema LEBRE, escrito em FORTRAN, desenvolvidos no CPGEC-UFRGS. Para resolver seu problema no sistema PROADE o usuário necessita escrever um programa na linguagem PROADE utilizando as regras gramaticais que formam a sintaxe, informando os dados necessários por intermédio dos comandos. A forma do programa PROADE assemelha-se a de um roteiro de dados para a solução do problema pelos métodos tradicionais, pois utiliza termos correntes de Engenharia, não exigindo do usuário conhecimentos extensos de processamento de dados.

As estruturas de dados armazenam os dados do problema, de uma forma organizada. São projetadas para tornar simples o acesso aos dados, ao mesmo tempo que otimizam a ocupação da memória, pela utilização de técnicas de alocação dinâmica de memória.

No desenvolvimento deste trabalho, foram escritos e implementados o módulo EXECUTIVO, as rotinas de análise sintática e todos os demais módulos, incluindo o gerenciamento do armazenamento dos dados na memória e em arquivos permanentes.

#### 1.4 - Arquitetura do Sistema PROADE

O sistema apresenta construção e desenvolvimento modular, conforme a figura 1.1. As funções de controle de processo e gerenciamento de recursos estão concentradas no EXECUTIVO, responsável pela execução dos demais módulos.

O analisador sintático verifica a sintaxe dos comandos escritos na linguagem orientada e é responsável pela leitura e impressão do programa. Verificada a sintaxe, a interpretação dos comandos é executada pelas rotinas interpretadoras nos diversos módulos.

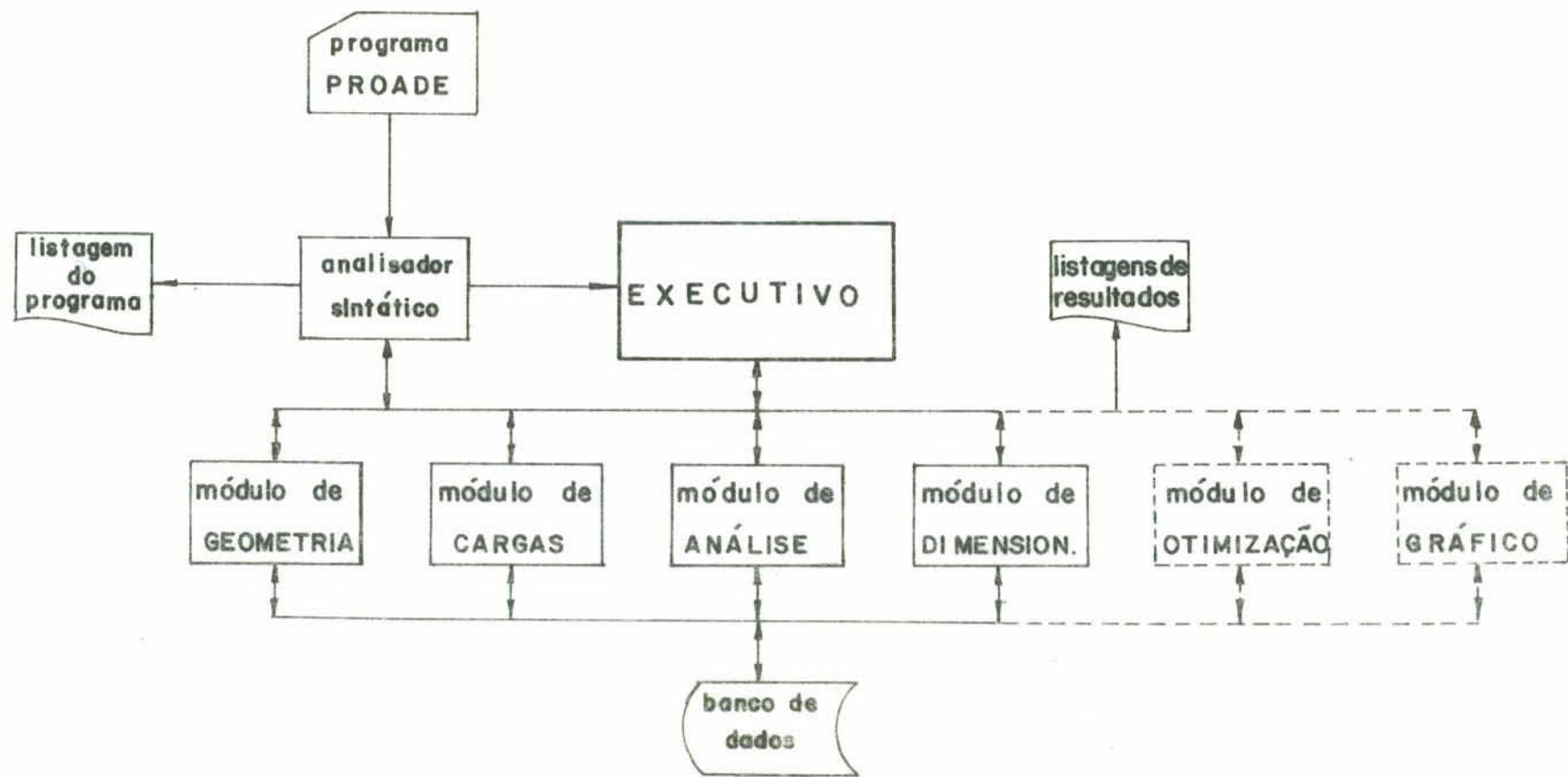
Estando o banco de dados gerado, a partir dos dados especificados nos comandos, os arquivos de disco e as diversas estruturas na memória são acessados pelas rotinas de processamento, pertencentes aos módulos de ANÁLISE e DIMENSIONAMENTO, a quem compete estas tarefas. Os dados e resultados são impres-

so por rotinas de impressão, dentro dos respectivos módulos.

Não são descritos no presente trabalho as rotinas de processamento e de dimensionamento, desenvolvidas em trabalhos à parte, e os módulos de OTIMIZAÇÃO e GRÁFICO, planejados para um desenvolvimento futuro.



Figura 1.1 - Arquitetura do sistema PROADE



## 2. DESCRIÇÃO DE UM PROBLEMA PROADE

### 2.1 - Introdução

Um problema PROADE consiste na análise e dimensionamento da estrutura de concreto armado de um edifício, submetido a diversos estados de carga, como carga permanente, carga acidental, carga de vento, de sismo e cargas extras.

A análise é feita em duas fases: a primeira, a análise secundária, determina os esforços nas lajes e nas vigas localizadas em eixos secundários para cada estado de carga. A segunda fase, análise primária, analisa o edifício como um conjunto de pórticos, formados por pilares e vigas localizados nos eixos primários, determinando esforços nas vigas primárias e pilares, para todos os estados de carga.

O dimensionamento é feito após a determinação do estado mais desfavorável de solicitações, para cada pilar, viga ou laje. Obtêm-se então as armaduras em todos os elementos estruturais.

O apêndice B resume todos os dados necessários em um programa PROADE.

### 2.2 - Descrição da Geometria

#### 2.2.1 - Sistema de Referência

Toda a geometria do edifício é referida a um sistema de eixos cartesianos coordenados XYZ, formando um triedro direto. O edifício é colocado nesse sistema de eixos, de forma que o plano basal do edifício, i.é, o plano de menor cota, coincida com o plano formado pelos eixos XY, e os eixos longitudinais dos pilares coincidam com o eixo Z, voltado para cima.

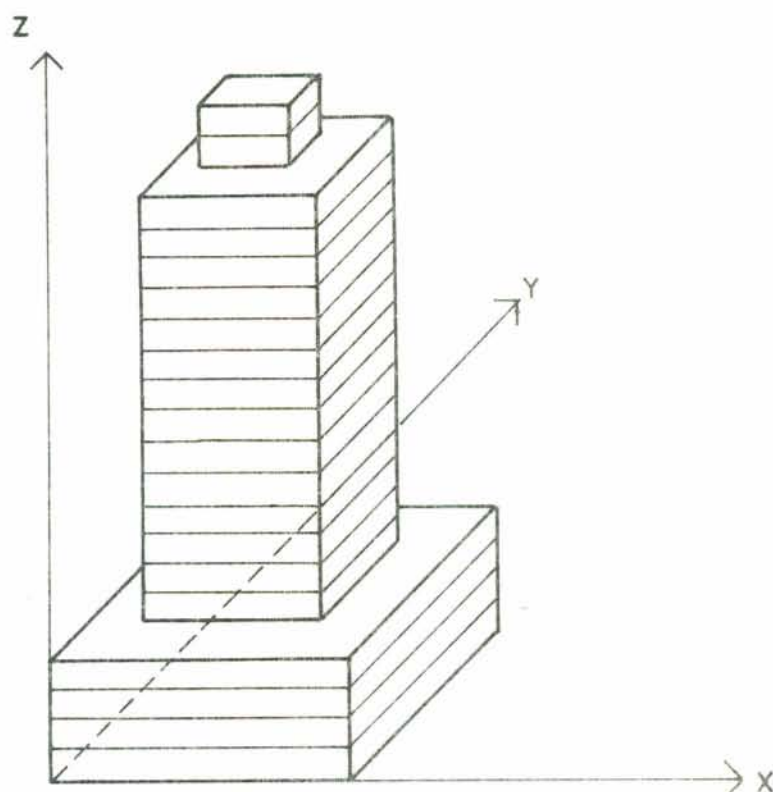


Figura 2.1 - Sistema de eixos de referência

Por simplificação, as direções dos eixos de referência X, Y e Z serão denominadas, respectivamente, direções X, Y e Z.

Todos os elementos estruturais do edifício devem obedecer a uma geometria ortogonal.

Uma vez que os eixos auxiliares X e Y são ortogonais, as vigas definidas nos eixos auxiliares X são, necessariamente, ortogonais às definidas nos eixos auxiliares Y. Da mesma forma, os cantos das lajes são formados por bordas que se encontram em ângulo reto.

### 2.2.2 - Eixos

São utilizados eixos auxiliares na descrição do edifício; denominados eixos X quando paralelos ao eixo de referência X e eixos Y quando paralelos ao eixo de referência Y. Desse ponto em diante, os eixos auxiliares serão denominados simplesmente eixos.

Os eixos X e Y são numerados seqüencialmente, de forma independente, i.é., os eixos X têm uma seqüência de numeração e os eixos Y têm outra. O que identifica um eixo é o seu número

e a indicação X ou Y.

Eixos primários são eixos que definem a localização de pórticos, isto é, de vigas e pilares primários e os eixos secundários definem apenas vigas e pilares que não guardam nenhuma relação com os pórticos da estrutura.

É necessário definir eixos para localizar pilares, vigas e lajes. Os pilares são localizados no cruzamento de dois eixos ortogonais; as vigas são localizadas por um eixo coincidente com seu eixo longitudinal e por eixos transversais que definem os pontos de apoio; as lajes são localizadas por eixos coincidentes com cada uma de suas bordas.

Os eixos são definidos através do comando EIXOS, em que se informa o número do eixo, sua direção (X ou Y), o tipo de eixo (primário ou secundário) e a distância do eixo ao eixo de referência correspondente.

A figura 2.2. mostra um conjunto típico de eixos em um edifício.

### 2.2.3 - Pisos

Os pisos são os planos horizontais do edifício, definidos pelos planos dos pavimentos. Nestes planos localizam-se as vigas primárias e secundárias e as lajes.

Todos os pisos do edifício devem ser numerados seqüencialmente, de cima para baixo. A distância, medida paralelamente ao eixo Z, entre a face superior das lajes de um pavimento e a face superior das lajes do pavimento seguinte (localizado abaixo) é denominada altura do piso, conforme a figura 2.3. Esse dado, bem como o número do piso, deve ser informado na parte correspondente a pisos do comando PROPRIEDADES.

Se for solicitada uma análise dinâmica, será necessário informar também, no mesmo comando, os seguintes dados:

- a. distância do centro de massa do piso ao eixo Y (XG)
- b. distância do centro de massa do piso ao eixo X.(YG)
- c. massa do piso
- d. inércia rotacional do piso, conforme definido em [2].

Para análise a cargas de vento, é necessário fornecer o fator  $s_2$  da NB-599, para cada piso.

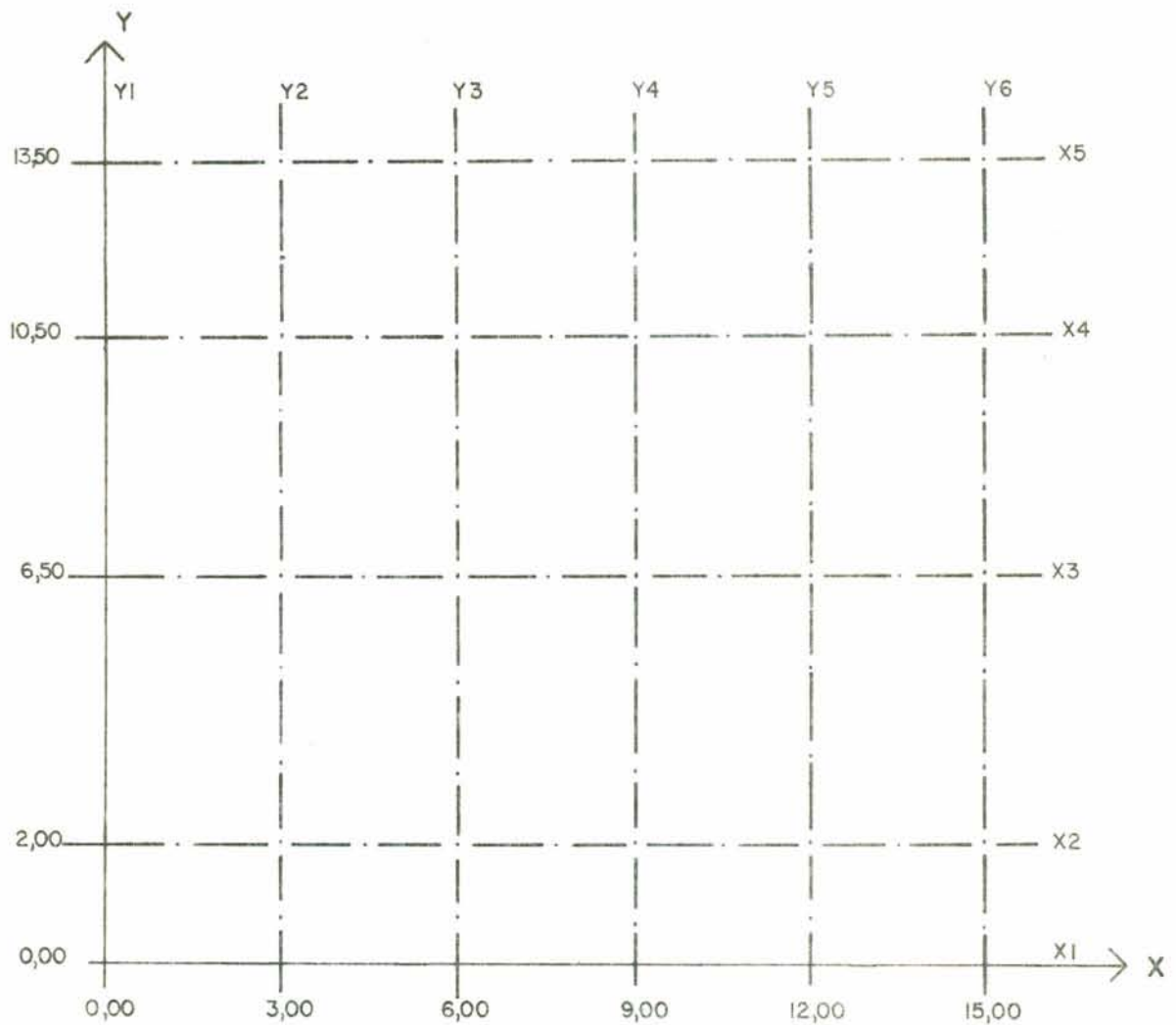


Figura 2.2 - Eixos auxiliares

#### 2.2.4 - Classes de Pisos

Os pisos com mesma planta (pavimento-tipo) devem ser agrupados em classes de pisos, com a finalidade de simplificar a descrição de vigas e lajes, bem como evitar a repetição da análise secundária para pavimentos com as mesmas características.

As classes de pisos são identificadas por meio de um número seqüencial, podendo agrupar desde 1 piso até todos os pisos. Cada classe de piso recebe também um nome, para facilidade de documentação. No mínimo uma classe de piso deve ser de finida em cada problema. A figura 2.4 mostra um exemplo da utilização de classe de pisos.

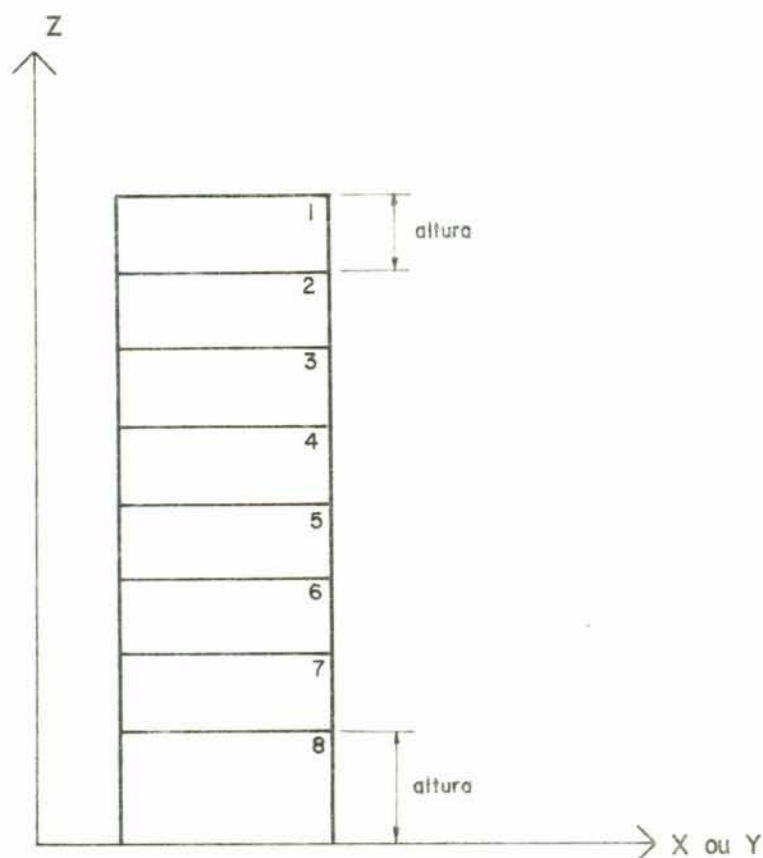


Figura 2.3 - Numeração e altura dos pisos

O comando empregado para definir as classes de pisos é CLASSE DE PISOS.

#### 2.2.5 - Pilares

Os pilares são definidos piso por piso, e são numerados seqüencialmente em cada piso. Desta forma, um determinado pilar é sempre identificado pelo seu número associado ao número do piso.

A posição do pilar no piso é sempre definida, no comando LOCALIZAÇÃO, pelo par de eixos X e Y que se cruzam aproximadamente no ponto característico do pilar, conforme a figura 2.5. A distância exata do ponto de cruzamento dos eixos ao ponto característico ou baricentro da seção é dado por DX e DY, como descrito abaixo. Se pelo menos um dos eixos for um eixo primário, então o pilar será primário e pertencerá ao pórtico definido neste eixo. Se não, o pilar será secundário e será analisado apenas na análise secundária.

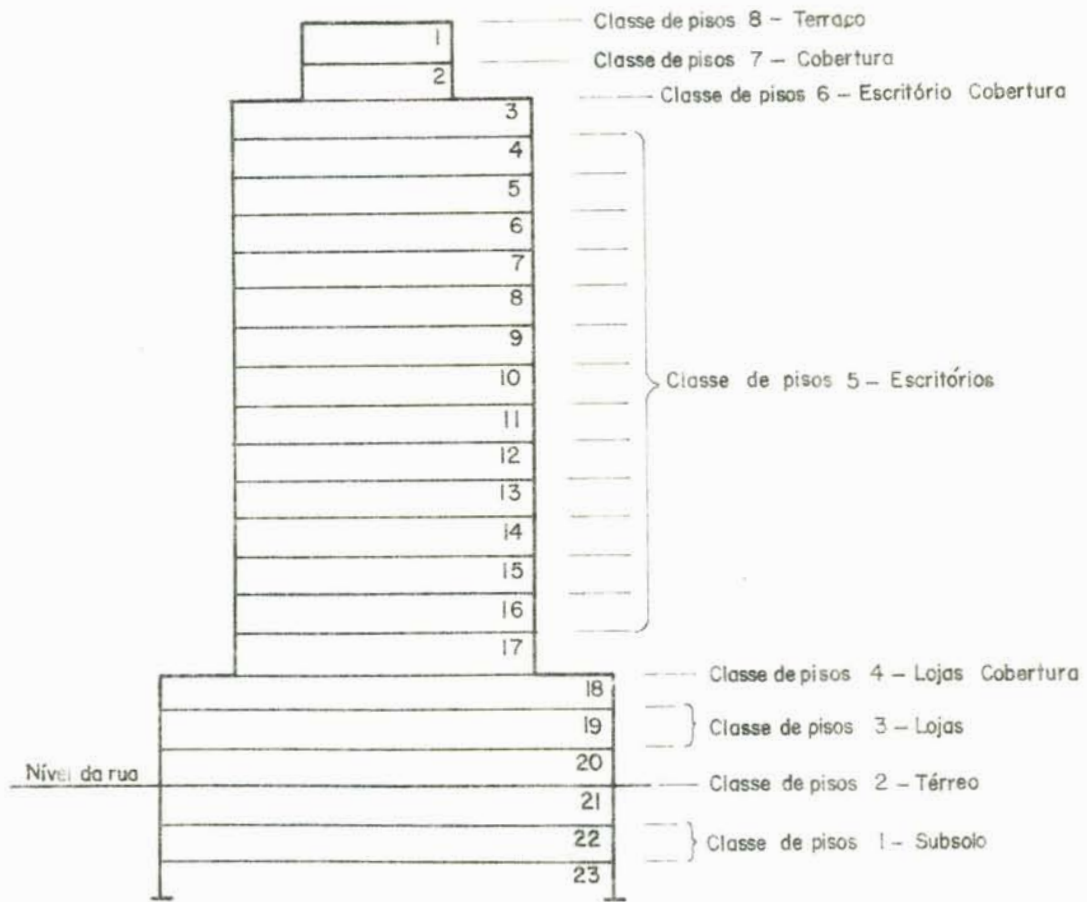


Figura 2.4 - Classes de pisos

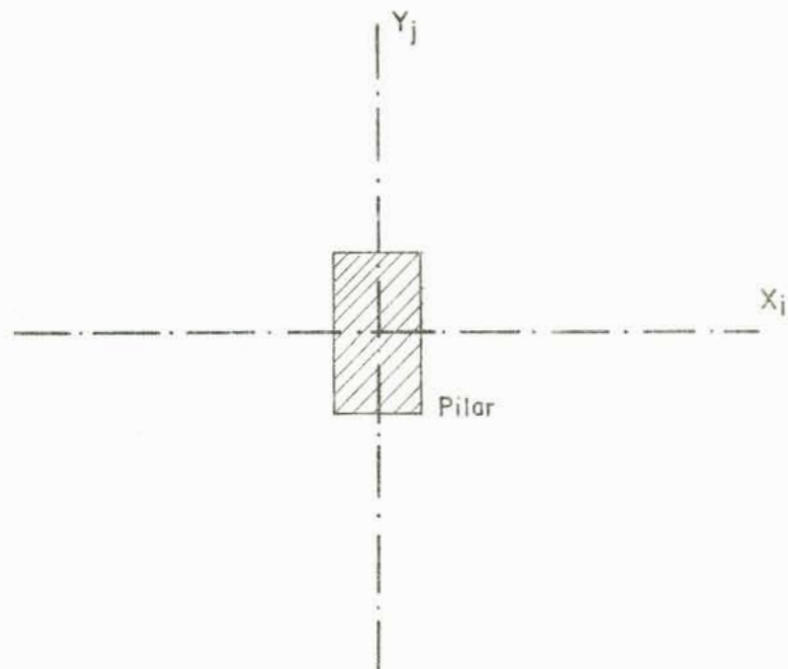


Figura 2.5 - Pilares

É necessário informar as características da seção transversal do pilar, o que é feito no comando PROPRIEDADES. Para tanto, escolhe-se o número de uma classe de seção, cujas propriedades foram anteriormente fornecidas com o comando CLASSE DE SEÇÕES. A seção escolhida pode assumir 4 posições diferentes em relação ao sistema de referência XY, associadas a valores de código 0 a 3, conforme a figura 2.6. Este código de POSIÇÃO, quando diferente de zero, também deve ser informado.

Quando o ponto característico da seção não coincide com o ponto de cruzamento dos eixos que definem o pilar, é necessário informar as distâncias DX e DY, conforme a figura 2.7.

É importante destacar que a seção de um pilar pode mudar de um piso para outro, mas em um mesmo piso, um determinado pilar só tem uma seção transversal.

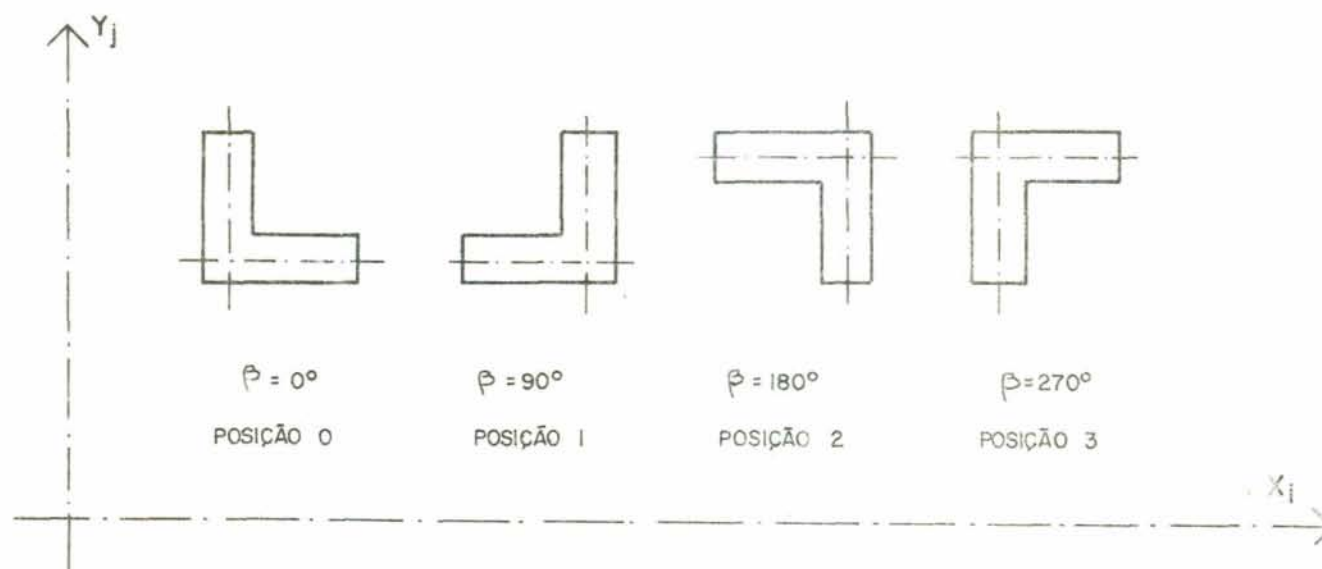


Figura 2.6 - Posições relativas da seção transversal

#### 2.2.6 - Vigas

O conceito de viga no sistema PROADE coincide com o de vão. Isto equivale a dizer que as vigas são numeradas vão a vão, por classe de piso. É aconselhável numerar seqüencialmente as vigas localizadas em um mesmo eixo, para aproveitar as facilidades de geração automática do comando LOCALIZAÇÃO. As vigas localizadas nos eixos primários são denominadas vigas primá



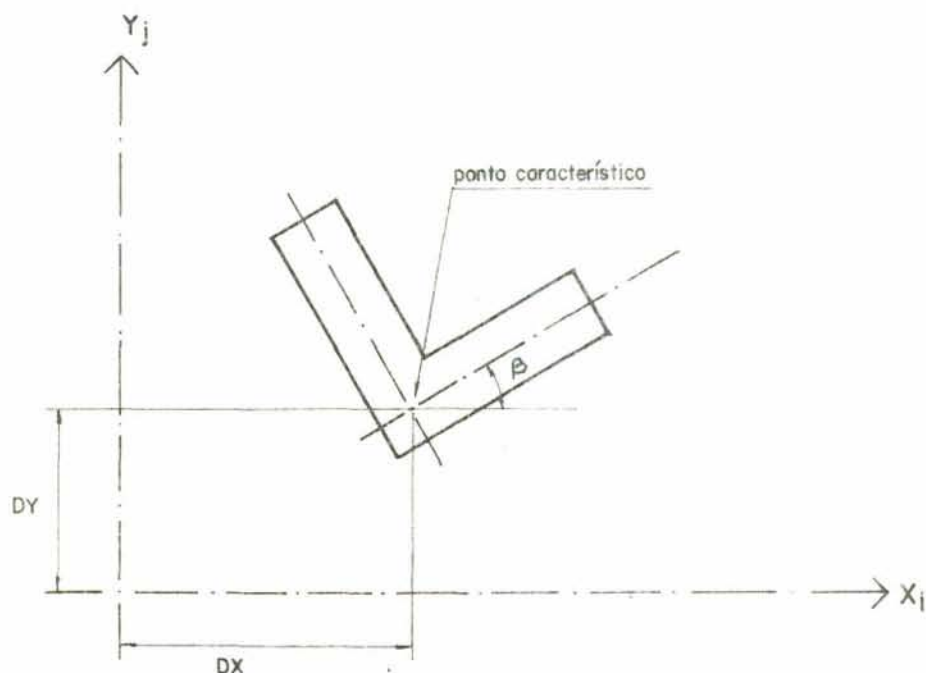


Figura 2.7 - Propriedades do pilar - corte transversal

rias e as demais, vigas secundárias.

Quando houver continuidade entre os vãos, i.é, quando as vigas de um determinado eixo formarem uma viga contínua, é necessário definir essa continuidade conforme será descrito no item 2.2.7.

A localização de uma viga em uma determinada classe de piso é feita no comando LOCALIZAÇÃO, indicando-se o eixo longitudinal da viga e a seguir o eixo transversal, que coincide com o início da viga, e o eixo transversal, que coincide com a sua extremidade final, como se vê na figura 2.8. Se o eixo longitudinal for um eixo X, os transversais serão eixos Y e vice-versa.

As propriedades da viga são informadas no comando PROPRIEDADES e consistem no número da classe de seção, informação obrigatória, e nas informações adicionais de comprimento dos tramos rígidos (EX1 e EX2 se for viga X e EY1 e EY2 se for viga Y), distância do eixo da viga ao eixo de definição (DISTÂNCIA) considerada positiva no sentido positivo dos eixos X ou Y e altura do eixo da viga em relação ao plano hipotético do piso (ALTURA), considerada positiva quando medida acima do plano do piso.

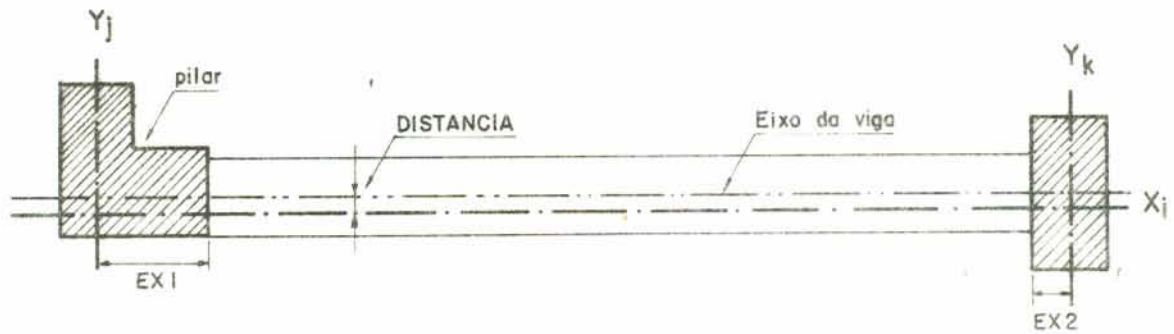


Figura 2.8 - Localização e propriedades da viga - Planta baixa

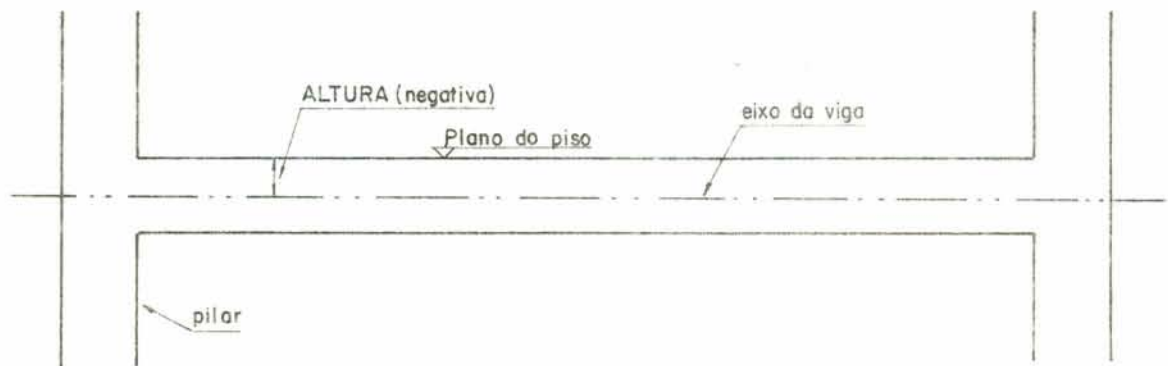


Figura 2.9 - Propriedades da viga - Elevação

Também deve ser informado o código de posição (POSIÇÃO) que dá o ângulo da seção em relação ao eixo Y ou X, com a mesma codificação dos pilares do item 2.2.5 e conforme a figura 2.10.

Com relação à vinculação, informada no comando LOCALIZAÇÃO ou no comando VINCULAÇÃO, existem 3 tipos de vínculo em extremo de viga: ENGASTE, que impede os deslocamentos na direção longitudinal, transversal vertical e giro em torno do eixo transversal horizontal; APOIO que impede os deslocamentos exceto o giro; e LIVRE, que não impede nenhum deslocamento. A figura 2.11 ilustra esses vínculos. É importante observar que a vinculação LIVRE-APOIO só é válida em extremidade de vigas contínuas.

Na falta desta informação, os vínculos serão considerados APOIO.

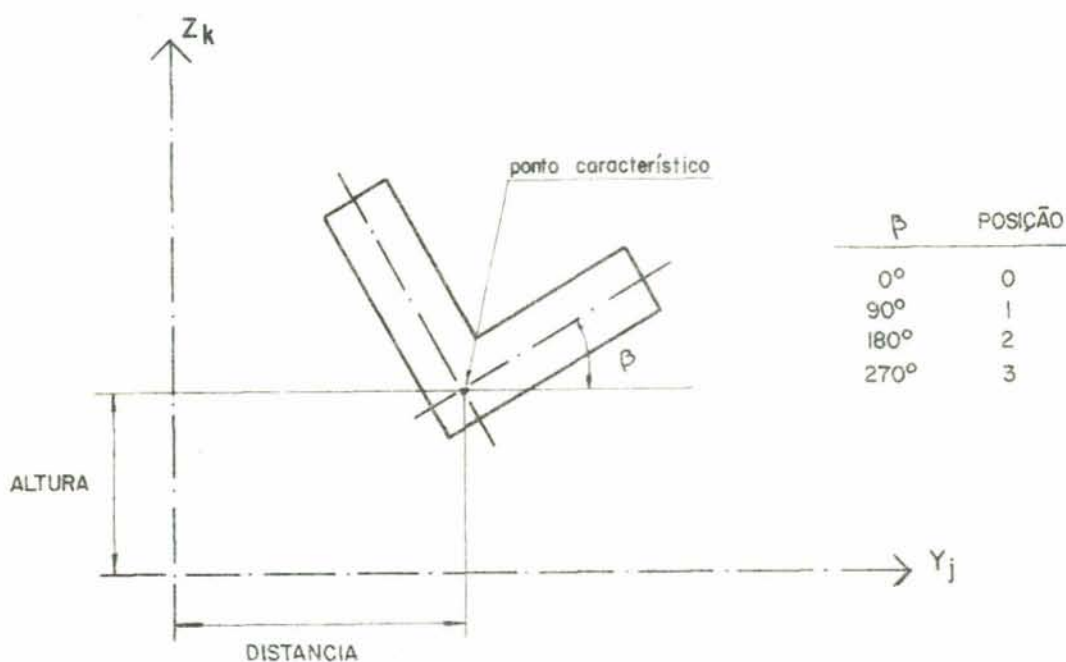


Figura 2.10 - Propriedades da viga - Corte Transversal

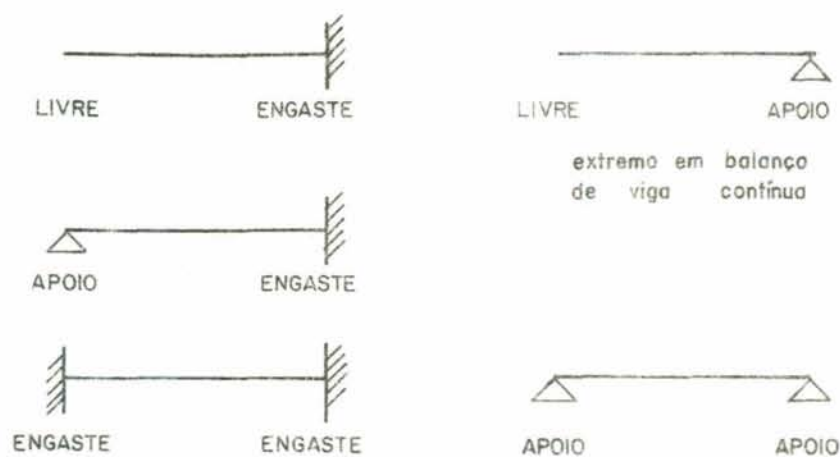


Figura 2.11 - Vinculações possíveis em vigas

### 2.2.7 - Vigas Contínuas

O sistema PROADE permite a análise de vigas hiperestáticas definidas em eixos secundários. As vigas definidas em eixos primários pertencem automaticamente aos pórticos do edifício e são analisadas como parte desses pórticos, não devendo ser definidas no programa como vigas contínuas.

Ao se definir uma viga contínua é necessário informar apenas o número de cada uma das vigas que a compõem, dentro da classe de pisos, conforme a figura 2.12.

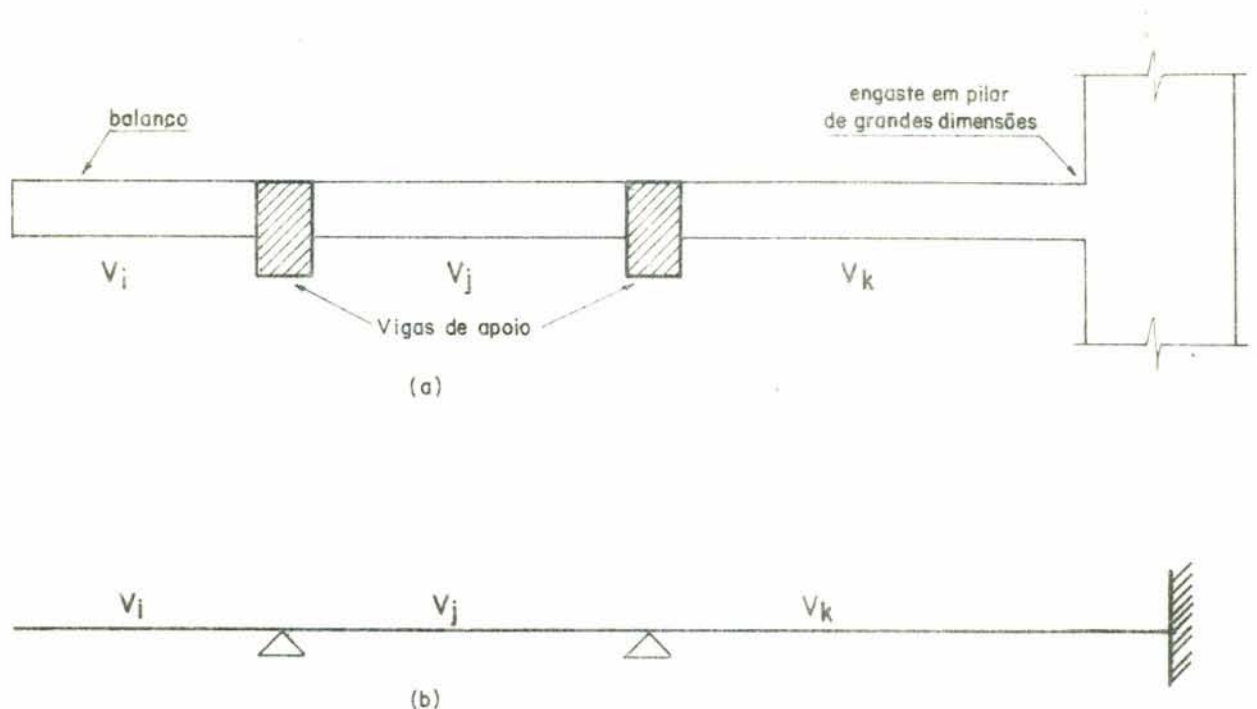


Figura 2.12 - Viga contínua (a) e sua representação esquemática (b)

A numeração das vigas contínuas, gerada automaticamente, é usada apenas internamente, uma vez que os vãos já possuem sua numeração própria como vigas.

A vinculação das vigas que formam a viga contínua pode ser qualquer, embora os vínculos internos normalmente são do tipo APOIO.

As vigas devem ser criadas pelo comando LOCALIZAÇÃO, e suas propriedades fornecidas pelo comando PROPRIEDADES, antes de sua identificação como partes de uma viga contínua. É recomendável, neste caso, que as vigas que compõem os vãos de uma viga contínua sejam numeradas sequencialmente, para facilitar a definição no comando VIGAS CONTINUAS.

### 2.2.8 - Lajes

As lajes, no sistema PROADE, são placas com forma retangular ou em L, com qualquer vinculação. As bordas das lajes ou são livres ou descarregam em vigas, primárias ou secundárias.

Definem-se as lajes, por classe de pisos, no comando LOCALIZAÇÃO, identificando-as por um número de laje. É necessário informar também os 4 eixos que definem as bordas, nas lajes retangulares, ou 6 eixos nas lajes em L, conforme a figura 2.13 e 2.14. Começa-se com o eixo X de menor cota e prossegue-se em sentido anti-horário, alternando os eixos X e Y.

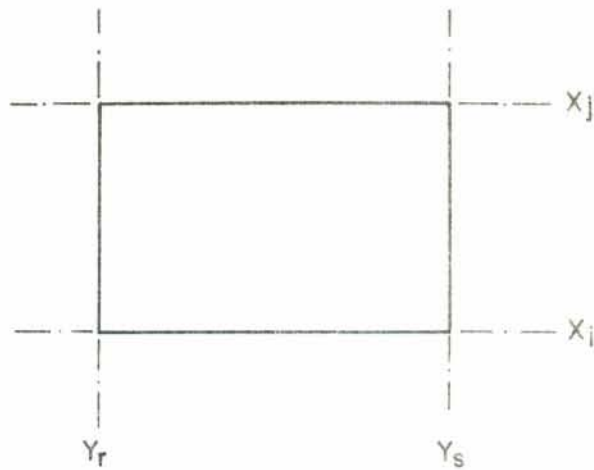


Figura 2.13 - Laje retangular definida por  $X_i Y_s X_j Y_r$

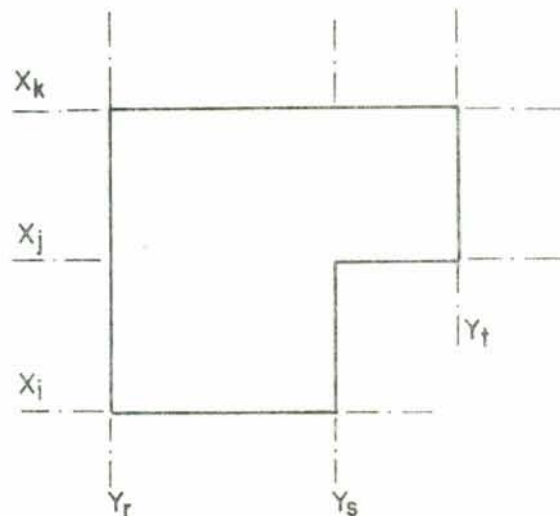


Figura 2.14 - Laje em L definida por  $X_i Y_s X_j Y_t X_k Y_r$

No mesmo comando também pode ser informado o método de cálculo, a ser escolhido entre:

- a. MÉTODO DE MARKUS
- b. LINHAS DE RUPTURA
- c. ELEMENTOS FINITOS.

O método de Linhas de Ruptura será o empregado se nada for informado a respeito.

A vinculação das lajes é informada no comando VINCULAÇÃO, podendo-se especificar os seguintes casos:

- a. LIVRE - borda sem apoio
- b. APOIO - borda simplesmente apoiada, sem continuidade de momentos
- c. ENGASTE - borda com continuidade de momentos nas lajes adjacentes.

Caso não for especificada a vinculação, as lajes serão consideradas com APOIO em todas as bordas.

A única propriedade das lajes é a ESPESSURA, especificada no comando PROPRIEDADES. Se nada for informado, será empregada a espessura-padrão (HS) fornecida no comando CONSTANTES ou a espessura-padrão do sistema, se HS não for informado.

#### 2.2.9 - Classe de Seções

Classe de seções é a entidade do sistema PROADE que identifica uma determinada seção transversal com um número. Essa seção transversal pode ser usada para definir a seção de um pilar ou de uma viga.

Para criar uma classe de seções emprega-se o comando CLASSE DE SEÇÕES, informando o número da classe de seções e a seguir o tipo de perfil (RETANGULAR, L, T, H, CRUZ, CIRCULAR CHEIA ou VAZADA) e as dimensões do perfil. Se a seção não for nenhum dos perfis citados, ela será uma seção GERAL, sendo necessário informar-se os valores da área da seção (A), momento principal de inércia na direção do eixo X da seção (IX), momento principal de inércia na direção do eixo Y da seção (IY) e área de corte (S).

Adicionalmente, também podem ser fornecidos os valores para o módulo de elasticidade (E) e módulo de corte (G) do

concreto. Se não forem informados, serão usados os valores informados em CONSTANTES, ou seja, ES e GS. Se estes também não forem informados usar-se-ão os valores padrão.

O item 4.7.2 descreve as classes de seções disponíveis no sistema.

## 2.2.10 - Constantes Gerais e Valores-Padrões

### 2.2.10.1 - Limites do sistema

Os limites do sistema consistem em números máximos de elementos, como vigas, pilares, lajes, etc, que o sistema aceita em um problema. São definidos limites-padrões a serem empregados, se os limites não forem especificados pelo usuário, via comando LIMITES.

Quanto maiores forem os limites especificados, tanto maior será a quantidade de memória alocada na etapa geométrica. Desta forma, não é aconselhável informar limites que excedam em muito os limites reais do problema, principalmente em instalações com exigüidade de memória. Listam-se a seguir os elementos afetados por limites-padrões.

<u>ELEMENTOS</u>	<u>LIMITES-PADRÕES</u>
EIXOS X	10
EIXOS Y	10
PISOS	15
CLASSE DE PISOS	3
PILARES	60 por piso
VIGAS	60 por classe de piso
LAJES	30 por classe de piso
VIGAS CONTINUAS	15 por classe de piso
CLASSES DE SEÇÕES	10
ESTADOS DE CARGA	5

### 2.2.10.2 - Constantes dos materiais

Esses valores descrevem as propriedades dos materiais utilizados no problema. A informação dessas constantes, no comando CONSTANTES, é opcional e, em sua falta, serão usadas constantes-padrões do sistema. As constantes dos materiais e seus valores-padrões aparecem a seguir:

<u>Constantes</u>	<u>Significado</u>	<u>Valores-padrões</u>
ES	módulo de elasticidade longitudinal padrão do concreto	2911 Mpa
GS	módulo de elasticidade transversal padrão do concreto	0,4 ES
FCK	resistência característica padrão do concreto	15,29 Mpa
FCD	resistência de cálculo padrão do concreto	FCK/1,4
FYK	resistência característica padrão do aço	509,68 Mpa
FYD	resistência de cálculo padrão do aço	FYK/1,15
AÇO	tipo padrão do aço	B
POI	coeficiente de POISSON padrão do concreto	0,2

#### 2.2.10.3 - Constantes geométricas

A única constante geométrica é a espessura-padrão das lajes, especificada opcionalmente no comando CONSTANTES. Se não especificada, será empregado o valor-padrão do sistema correspondente.

<u>Constante</u>	<u>Significado</u>	<u>Valor-padrão</u>
HS	espessura padrão das lajes	0,10m

#### 2.2.10.4 - Constantes de carga e cálculo

As constantes de cargas são valores ligados à especificação das cargas e aos valores de cálculo do problema. Como as demais, são especificadas no comando CONSTANTES. Essa especificação é opcional, sendo usados em sua falta os valores-padrões correspondentes especificados abaixo:

<u>Constantes</u>	<u>Significado</u>	<u>Valores-padrões</u>
CPS	carga permanente padrão em lajes	2,5 kN/m <sup>2</sup>
CAS	carga acidental padrão em lajes	2,0 kN/m <sup>2</sup>
PS	carga distribuída padrão em vigas	0 kN/m



<u>Constantes</u>	<u>Significado</u>	<u>Valores-padrões</u>
GAMA	peso específico padrão do concreto	24,5 kN/m <sup>3</sup>
GFP	coeficiente de majoração padrão das cargas permanentes	1,4
GFQ	coeficiente de majoração padrão das cargas acidentais	1,4
GFW	coeficiente de majoração padrão das cargas de vento	1,4
GFEQ	coeficiente de majoração padrão das cargas de sismo	1,4
VØ	velocidade básica padrão do vento	45 m/s
S1	fator topográfico padrão do vento	1,0
RK1	parâmetro do espectro de sismo	1,0
RK2	parâmetro do espectro de sismo	1,0
TØ	parâmetro do espectro de sismo	0,5

As constantes VØ, S1, RK1, RK2 e TØ são descritas em [2].

### 2.2.11 - Seções de Cálculo

Para a determinação dos esforços nas vigas, define-se a posição das seções transversais em que se quer esses esforços determinados e, posteriormente, o dimensionamento correspondente da armadura principal.

O comando SEÇÕES DE CÁLCULO é empregado para localizar as seções transversais desejadas na viga.

Pode-se especificar o número de seções apenas, incluindo as seções dos apoios, e neste caso as seções serão distribuídas de forma equidistante, ao longo do vão, como se vê na figura 2.15, onde  $p_1$  e  $p_2$  são os comprimentos de penetração nos pilares calculados automaticamente a partir das dimensões da seção do pilar.

Outra forma de se especificar é informar a distância, em relação ao apoio esquerdo, das seções de cálculo, como na figura 2.16.

Quando não for informada a posição ou número de seções por viga, assume-se que serão empregadas 5 seções de cálculo, incluindo as seções dos apoios.

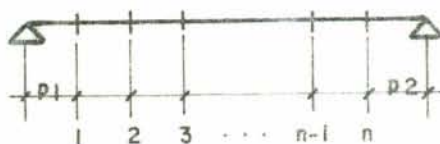


Figura 2.15 -  $n$  seções de cálculo equidistantes em uma viga

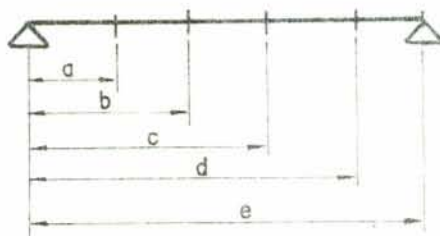


Figura 2.16 - Seções de cálculo especificadas pela distância em relação ao apoio esquerdo

## 2.3 - Descrição das Cargas Externas

### 2.3.1 - Conceitos Básicos

As cargas externas, no sistema PROADE podem ser verticais, atuando em lajes e em vigas, e cargas horizontais, agindo ao nível dos pisos, provenientes da pressão do vento ou determinadas na análise dinâmica do edifício sujeito à ação de sismo.

É importante definir os termos a seguir, para perfeita compreensão do sistema de cargas no PROADE:

- a. carregamento - carga vertical obrigatória, agindo em vigas e em lajes. Em vigas, corresponde à carga permanente, peso próprio e paredes. Em lajes, é formada pela parcela denominada carga permanente e pela carga acidental.
- b. estados de sobrecarga - o estado de sobrecarga indica a forma como é levada em consideração a carga acidental em lajes.

No estado de sobrecarga 0, a carga acidental age somente em determinadas lajes. No estado de sobrecarga 1, a carga acidental age apenas nas lajes não consideradas no outro estado.

Esta consideração permite que se busque o estado mais desfavorável de solicitações, principalmente nos momentos fletores dos pilares.

- c. cargas extras - são cargas adicionais, agindo verticalmente em lajes e vigas e horizontalmente ao nível dos pisos. Estas cargas poderiam ser causadas por paredes em lajes ou em vigas, não especificadas em carregamento, além de cargas concentradas, como de máquinas, por exemplo. As cargas extras devem ser agrupadas em estados de cargas extras.
- d. estados de cargas extras - cada estado de cargas extras é formado por um conjunto de cargas extras, a partir do qual será obtido um conjunto de solicitações independentes.
- e. cargas de vento - são forças estáticas obtidas automaticamente, a partir dos dados do vento e agindo horizontalmente nos pisos, na direção X ou Y.
- f. cargas de sismo - são forças horizontais na direção X ou Y, agindo ao nível dos pisos, de forma dinâmica, calculados a partir dos dados de sismo, para cada modo de vibração.
- g. estados de carga - no PROADE, estado de carga significa um conjunto de cargas de mesmo tipo, determinando um conjunto de solicitações. Cada estado de cargas gera um conjunto de solicitações independente, tornando possível determinar a configuração que gera as maiores solicitações. Resumindo, os estados de carga possíveis são os abaixo:
- |       |  |                            |
|-------|--|----------------------------|
| 1     | carga permanente                               |                            |
| 2     | carga accidental, estado de sobrecarga 0       |                            |
| 3     | carga accidental, estado de sobrecarga 1       |                            |
| 4     | estado de cargas extras 1                      | }                          |
| 5     | estado de cargas extras 2                      |                            |
|       | ...  |                            |
| 3 + n | estado de cargas extras n                      |                            |
| 4 + n | cargas de vento, direção X                     | n estados de cargas extras |
| 5 + n | cargas de vento, direção Y                     |                            |
| 6 + n | cargas de sismo, direção X, modo de vibração 1 |                            |
| 7 + n | cargas de sismo, direção Y, modo de vibração 1 |                            |
| 8 + n | cargas de sismo, direção X, modo de vibração 2 |                            |
| 9 + n | cargas de sismo, direção Y, modo de vibração 2 |                            |

## 2.3.2 - Cargas em Lajes

### 2.3.2.1 - Cargas permanentes em lajes

As cargas permanentes em lajes são fornecidas no comando CARREGAMENTOS e devem representar apenas o peso dos revestimentos e pavimentos, uma vez que o peso próprio do concreto é calculado automaticamente a partir da espessura da laje e do peso específico do concreto e somado à carga permanente durante a análise. Se não for informado o valor da carga permanente, a constante CPS é tomada.

### 2.3.2.2 - Carga acidental em lajes

A carga acidental é causada por pessoas, móveis, divisórias leves, etc, durante a utilização da estrutura.

Ao informar-se as cargas acidentais para uma determinada laje em uma dada classe de piso, é necessário informar se esta laje pertence ao estado de sobrecarga 0 ou 1. A figura 2.17 mostra o edifício submetido ao estado de sobrecarga 0, onde as lajes escuras são as que estão carregadas com carga acidental neste estado. A figura 2.18 mostra o edifício submetido agora ao estado de sobrecarga 1, com as lajes escuras com carga acidental no estado 1.

Se não for especificada carga acidental, a constante CAS é tomada para o estado de sobrecarga 0.

### 2.3.2.3 - Cargas extras em lajes

As cargas extras permitem informar cargas adicionais, além da carga permanente e da carga acidental. Estas cargas, sempre verticais, podem ser:

- a. carga superficial - uniformemente distribuída em toda a superfície da laje.
- b. carga concentrada - força aplicada em um ponto da laje.
- c. carga linear - uniforme linear, paralela as bordas ou em posição diagonal.

Estas cargas devem ser especificadas no comando CARGAS EXTRAS, especificando-se sempre o número do estado de cargas extras.

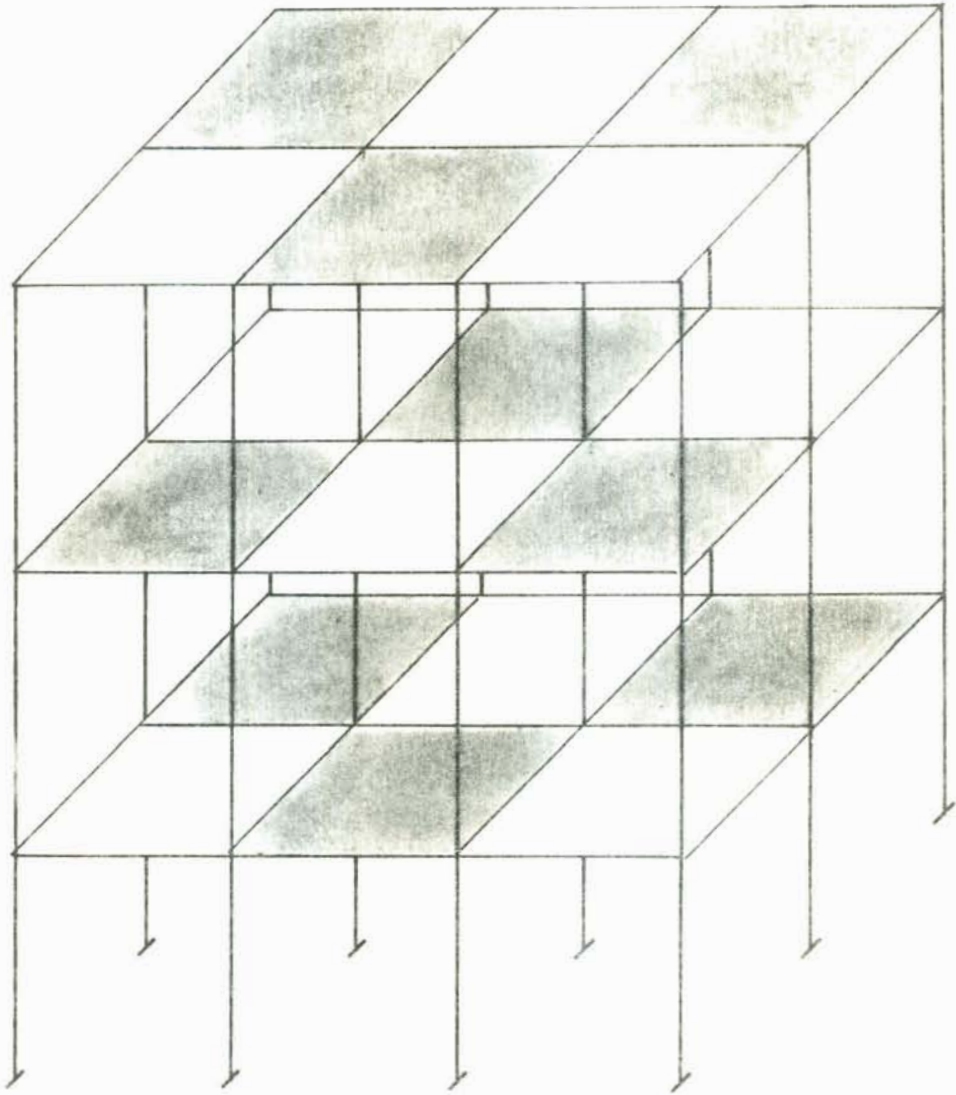


Figura 2.17 - Lajes submetidas a carga  
acidental no estado de  
sobrecarga 0.

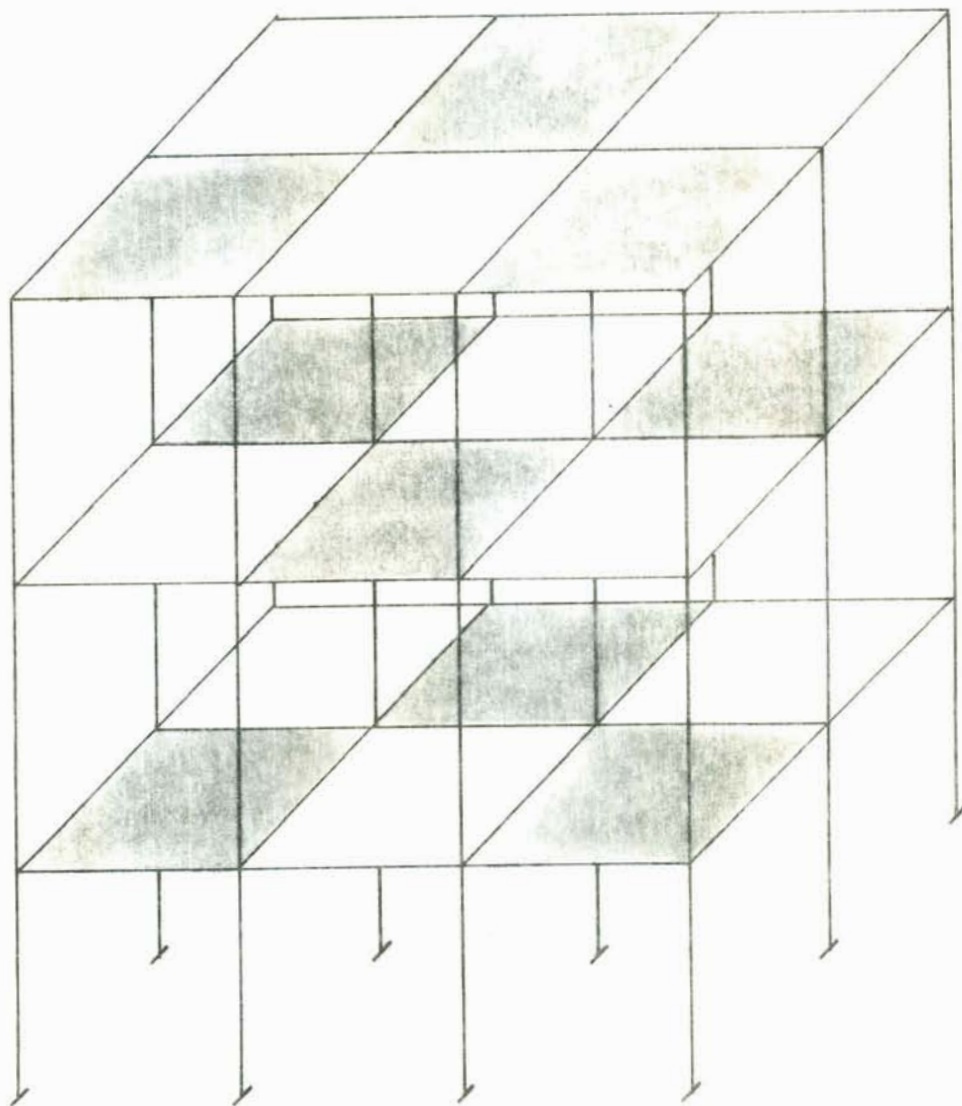


Figura 2.18 - Lajes submetidas a carga  
acidental no estado de  
sobrecarga 1.

### 2.3.3 - Cargas em Vigas

#### 2.3.3.1 - Cargas permanentes em vigas

Nas vigas, as cargas permanentes representam o peso das paredes sobre as vigas, acrescido do peso dos revestimentos, e são informados por intermédio do comando CARREGAMENTOS.

As cargas de peso próprio são acrescentadas automaticamente pelo sistema à carga acima, durante o processo de análise.

Se não for informado nenhum valor para carga permanente em vigas, a constante PS será tomada. Se PS não for informado, não será considerada carga permanente em vigas.

#### 2.3.3.2 - Cargas extras em vigas

As cargas extras nas vigas consistem em cargas adicionais em relação à carga permanente, e podem ser de 3 tipos:

- a. carga concentrada - carga aplicada em um ponto da viga.
- b. carga uniforme - carga uniformemente distribuída em um trecho da viga, ou em toda viga.
- c. carga linear - carga distribuída com variação linear, aplicada em um trecho da viga ou em toda a viga.

Para informar estas cargas adicionais juntamente com o estado de cargas extras correspondente, emprega-se o comando CARGAS EXTRAS.

#### 2.3.4 - Cargas em Pilares

A única carga admissível em pilares, além da reação das vigas e dos pilares superiores, é o peso próprio, que é calculado automaticamente pelo sistema, a partir da área da seção transversal e do peso específico do concreto.

#### 2.3.5 - Reações

As reações das lajes são aplicadas automaticamente, como cargas nas vigas das bordas dentro do estado de carga correspondente. Durante a análise, essas reações são somadas às demais cargas do mesmo estado de carga.

As reações das vigas aplicam-se nas vigas ou nos pilares

res que suportam essas vigas, dentro do mesmo estado de carga.

### 2.3.6 - Cargas Horizontais de Vento

As cargas de vento são calculadas, conforme a NB-599, segundo o procedimento descrito em [2], na forma de forças horizontais agindo no nível dos pisos, dados por

$$F = (c_e - c_i) \cdot q \cdot A \quad (2.1)$$

onde

$c_e$  = coeficiente de forma externo

$c_i$  = coeficiente de forma interno

$q$  = pressão dinâmica do vento

$A$  = área onde atua a força

A pressão dinâmica  $q$  é dada por

$$q = V_k^2 / 16 \quad (2.2)$$

onde  $V_k$  é a velocidade característica do vento, dada por

$$V_k = V_0 \cdot s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \quad (2.3)$$

e

$V_0$  = velocidade básica do vento

$s_1$  = fator topográfico

$s_2$  = fator que é função da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura e das dimensões da edificação

$s_3$  = fator estatístico, considerado igual a 1.0.

As grandezas  $V_0$ ,  $s_1$  e  $s_2$  correspondem, respectivamente às constantes  $V_0$  e  $S1$  do sistema, informadas no comando CONSTANTES e ao FATOR  $S2$  informado no comando PROPRIEDADES.

O coeficiente  $c_e$  é tomado de tabelas e o coeficiente  $c_i$  é desprezado, devido a dificuldade de determinar a ocorrência de aberturas nas faces da edificação. A área  $A$  corresponde à distância entre pisos multiplicada pela largura da face em que sopra o vento.



Para cada direção X e Y define-se um estado de carga.

Quando não se desejam cargas de vento, basta informar  $V_0$  igual a zero.

#### 2.3.7 - Cargas Horizontais de Sismo

As forças devidas ao sismo para cada direção X e Y são obtidas a partir da análise dinâmica da estrutura do edifício, conforme descrito em [2].

Quando não se deseja as cargas de sismo, omite-se os itens MASSA, XG, YG e INERCIA no comando PROPRIEDADES.

As cargas em cada direção, X e Y, definem um novo estado de carga, para cada modo de vibração considerado.

#### 2.3.8 - Cargas Extras Horizontais

Além das cargas de vento e sismo, também é possível informar forças horizontais nos pisos, dentro de qualquer estado de cargas extras. Isto é feito no comando CARGAS EXTRAS.

### 2.4 - Resultados da Análise

#### 2.4.1 - Fases da Análise

A análise é realizada em duas fases:

a. análise secundária - são analisadas as lajes e as vigas secundárias, submetidas aos seguintes estados de carga:

- carga permanente
- carga accidental - estado de sobrecarga 0
- carga accidental - estado de sobrecarga 1
- cargas extras - todos os estados de cargas extras.

As reações de lajes e vigas obtidas ao final da análise são consideradas cargas na análise primária.

b. análise primária - esta fase analisa as vigas e pilares, que fazem parte dos pórticos do edifício. A análise é feita independentemente para todos os estados de carga, citados em 2.3.1.9.

### 2.4.2 - Esforços em Lajes

Os esforços nas lajes são determinados na análise secundária, por laje, classe de piso e estado de carga. Além dos momentos, são obtidas também as reações nas bordas, forças de canto e flecha máxima, conforme a relação abaixo:

- momento fletor máximo na direção X ( $M_{xmax}$ )
- momento fletor máximo na direção Y ( $M_{ymax}$ )
- momento fletor nas bordas 1 a 6 ( $M_1$  a  $M_6$ )
- forças de canto nos cantos 1 a 6 ( $F_1$  a  $F_6$ )
- flecha máxima
- reações nas bordas.

A figura 2.19 mostra os esforços em lajes e sua convenção de sinais.

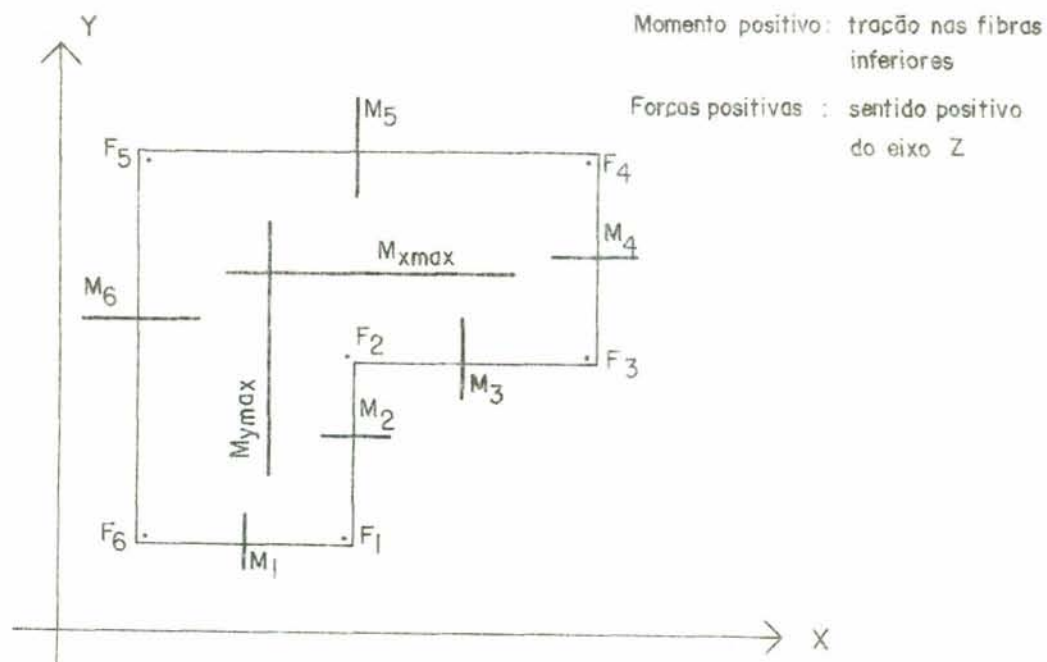


Figura 2.19 - Esforços em lajes

### 2.4.3 - Esforços em Vigas

Os esforços nas vigas, primárias e secundárias, são determinados por viga, piso e estado de carga. É importante notar que, embora todos os dados de vigas, inclusive as cargas, sejam fornecidos por classe de pisos, os esforços são calcula-

dos por piso, pois os deslocamentos nos pórticos variam de piso para piso. Os esforços nas vigas contínuas são definidos nas vigas (vãos) que as compõem.

Em cada viga, os esforços são determinados em todas as seções de cálculo solicitadas pelo usuário. São os seguintes estes esforços:

- momento fletor na seção ( $M$ )
- força cortante à esquerda da seção ( $Q_e$ )
- força cortante à direita da seção ( $Q_d$ ).

A figura 2.20 mostra a convenção de sinais a que obedecem os esforços em viga.

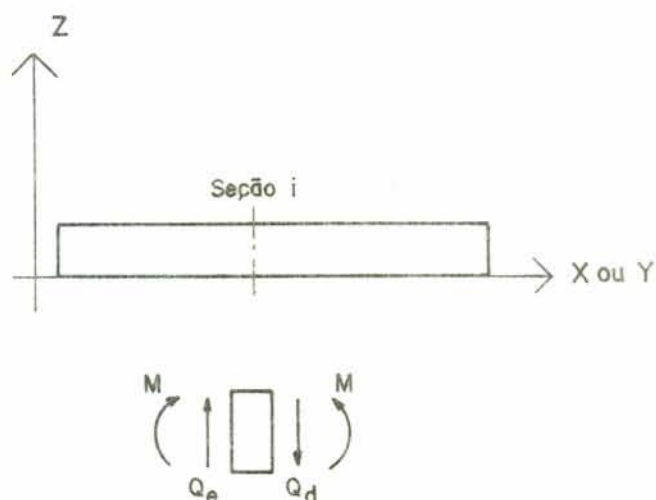


Figura 2.20 - Esforços em uma seção genérica de uma viga

#### 2.4.4 - Esforços em Pilares

Os esforços nos pilares, determinados na análise primária, são calculados por pilar, por piso e por estado de carga. São os seguintes:

- força normal ( $N$ )
- momento fletor na direção  $X$ , superior ( $M_{xs}$ )
- momento fletor na direção  $Y$ , superior ( $M_{ys}$ )
- momento fletor na direção  $X$ , inferior ( $M_{xi}$ )
- momento fletor na direção  $Y$ , inferior ( $M_{yi}$ )
- força cortante, na direção  $X$  ( $Q_x$ )

g. força cortante, na direção Y ( $Q_y$ ).

Os esforços obedecem a convenção de sinais da figura 2.21.

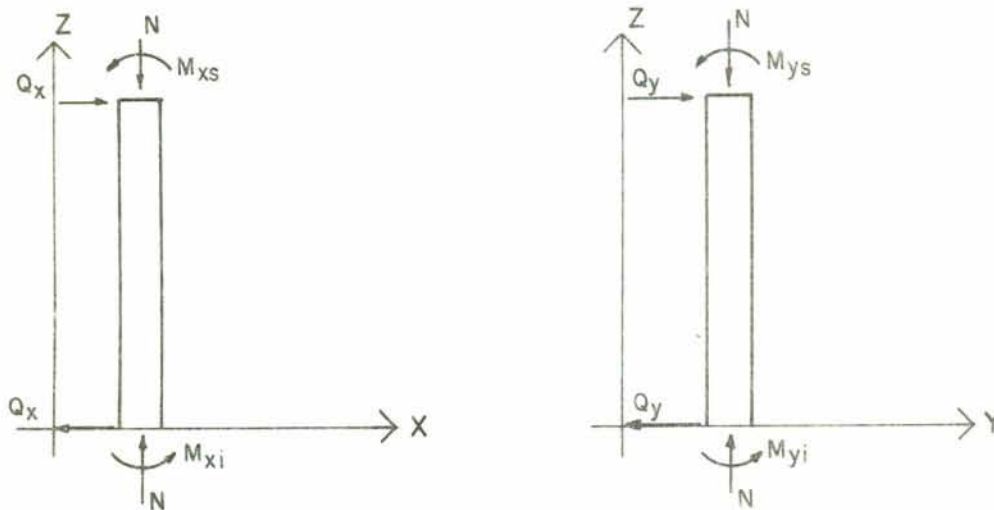


Figura 2.21 - Esforços em pilares

## 2.5 - Resultados do Dimensionamento

### 2.5.1 - Solicitações de Cálculo

Obtidos os esforços nos elementos estruturais, é necessário encontrar, para lajes, vigas e pilares, a combinação mais desfavorável dos esforços devidos aos vários carregamentos. Essa combinação é denominada de solicitações de cálculo, a partir da qual será feito o dimensionamento das armaduras. A obtenção dessas solicitações é discutida com detalhes na referência [2]. Como resultados da etapa de dimensionamento temos, portanto, as solicitações de cálculo mais desfavoráveis e as respectivas áreas necessárias da armadura.

### 2.5.2 - Dimensionamento de Lajes

Após o dimensionamento das lajes, obtemos os seguintes resultados, por laje e classe de piso:

- $M_{x\max}$  - momento principal máximo na direção X
- $M_{y\max}$  - momento principal máximo na direção Y
- $M_{l\max}$  a  $M_{6\max}$  - momento de borda máximo nas bordas 1 a 6

- d.  $F_{1\max}$  a  $F_{6\max}$  - força de canto máxima nos cantos 1 a 6
- e.  $A_{sx}$  - área de armadura principal tracionada na direção X
- f.  $A_{sx}'$  - área de armadura principal comprimida na direção X
- g.  $A_{sy}$  - área de armadura principal tracionada na direção Y
- h.  $A_{sy}'$  - área de armadura principal comprimida na direção Y
- i.  $A_{s1}$  a  $A_{s6}$  - área de armadura tracionada nas bordas 1 a 6
- j.  $A_{s1}'$  a  $A_{s6}'$  - área de armadura comprimida nas bordas 1 a 6

Os momentos e áreas de armaduras correspondem a uma faixa de 1m de largura na laje. As forças de canto são consideradas concentradas.

Na maior parte dos casos, em lajes, a armadura comprimida  $A_s$ , é desnecessária, aparecendo como resultado o valor  $\emptyset$ .

A figura 2.22 mostra a posição das armaduras na laje.

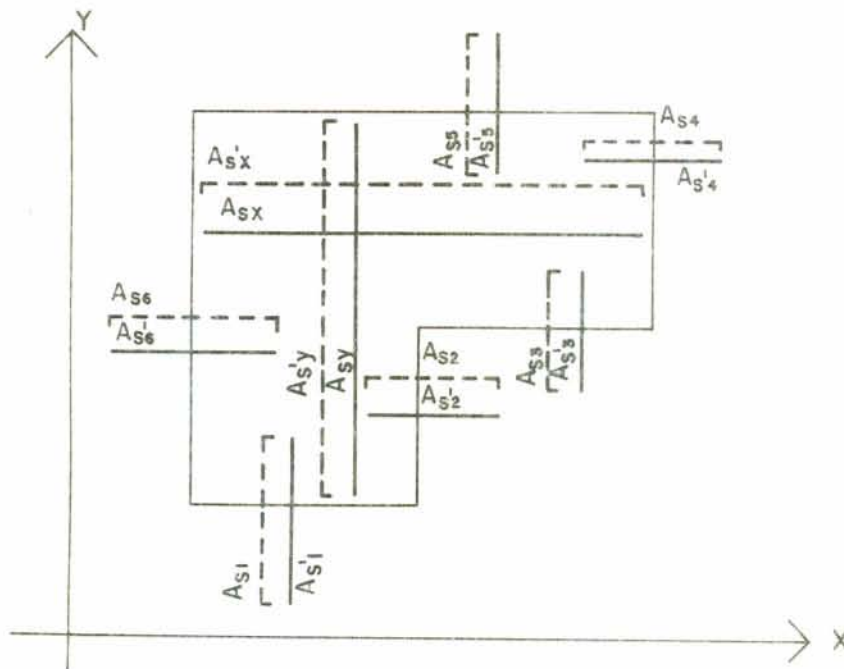


Figura 2.22 - Armaduras em lajes

### 2.5.3 - Dimensionamento de Vigas

No dimensionamento das vigas, secundárias ou primárias, são obtidos os seguintes resultados para as solicitações de cálculo e áreas de armadura; para cada seção, por viga e por

piso:

- a.  $M_{\max}$  - máximo momento positivo
- b.  $M'_{\max}$  - máximo momento negativo
- c.  $Q_{\text{emax}}$  - máxima força cortante à esquerda
- d.  $Q_{\text{dmax}}$  - máxima força cortante à direita
- e.  $A_s$  - área de armadura longitudinal tracionada
- f.  $A'_s$  - área de armadura longitudinal comprimida
- g.  $|A_{\text{swe}}|$  - área de armadura transversal, por metro, à esquerda da seção
- h.  $|A_{\text{swd}}|$  - área de armadura transversal, por metro, à direita da seção.

As armaduras transversais  $A_{\text{swe}}$  e  $A_{\text{swd}}$  devem ser sempre tomadas em valor absoluto. O sinal indica o ângulo da armadura (estribo) com o eixo longitudinal da viga:

$$A_{\text{swe}} \text{ ou } A_{\text{swd}} \geq 0 : 90^\circ$$

$$A_{\text{swe}} \text{ ou } A_{\text{swd}} < 0 : 45^\circ$$

A posição das armaduras na viga está indicada na figura 2.23.

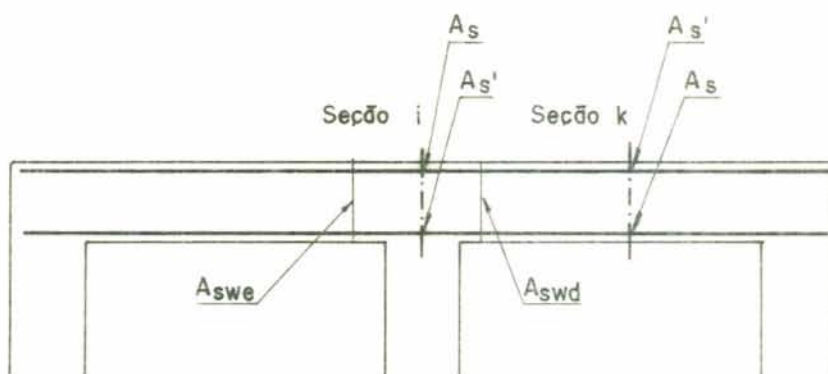


Figura 2.23 - Armadura em vigas

#### 2.5.4 - Dimensionamento de Pilares

Os pilares são dimensionados para a combinação mais desfavorável de esforços, em compressão, tração e flexo-compressão. Os resultados, por pilar e por piso são:

- a.  $M_{max}$  - máxima força normal
- b.  $M_{min}$  - mínima força normal
- c.  $M_{fc}$  - momento máximo de flexo-compressão
- d.  $Q_x$  - força cortante máxima na direção X
- e.  $Q_y$  - força cortante máxima na direção Y
- f.  $A_{s1}$  a  $A_{s4}$  - área de armadura longitudinal nas faces 1 a 4
- g.  $A_{sw}$  - área de armadura transversal, por metro.

A figura 2.24 mostra a posição destas armaduras no pilar.

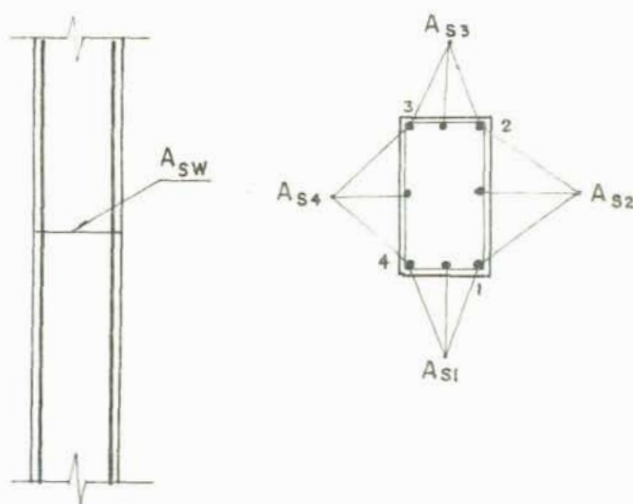


Figura 2.24 - Armaduras em pilares

### 3. ORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE DADOS

#### 3.1 - Alocação Dinâmica das Estruturas de Armazenamento

Em sistemas computacionais com as características do PROADE, é particularmente importante que as estruturas de armazenamento da informação ou simplesmente estruturas, como passarão a ser denominadas, sejam dimensionadas de forma flexível. Isto permite, por um lado, que a execução do sistema seja viável em configurações de memória de tamanho médio, da ordem de 0,5 Mb e, por outro lado, possibilita resolver problemas de grande porte, uma vez que haja a disponibilidade de memória principal para tanto.

A linguagem escolhida para o desenvolvimento do sistema, o FORTRAN IV, embora confira ao sistema as características de grande portabilidade e eficiência na execução, não oferece construções que permitam a definição direta de áreas de memória com tamanho variável.

A solução encontrada para prover o sistema com as facilidades de alocação e dealocação de áreas de memória, com tamanho variável e sob o controle do programador, já é tradicional em sistemas que utilizam o FORTRAN como linguagem-base, e é formado por duas rotinas. A rotina de alocação reserva uma parte de um array global localizado em COMMON. A rotina recebe como parâmetro um número que identifica a estrutura e a quantidade de palavras a alocar, atualizando o apontador de área livre no array global e armazenando o tamanho e o endereço da estrutura alocada nos arrays apropriados.

A rotina de liberação faz o trabalho oposto, isto é, dealoca a estrutura, liberando a área ocupada por ela no array global e fazendo as devidas atualizações no apontador de área livre e nos arrays de endereço e tamanho das estruturas, com reaproveitamento da área liberada. Uma descrição mais detalhada deste processo pode ser visto no item 5.9 (rotinas ALOCA3 e LIBER3).



Utilizando esta técnica, todas as estruturas são alocadas no módulo EXECUTIVO em um único array, pertencente ao COMMON/BLOC03/. Os módulos de GEOMETRIA, de CARGAS, de ANÁLISE e de DIMENSIONAMENTO, chamados pelo EXECUTIVO, recebem como parâmetros arrays correspondentes, na chamada, a palavra do array global em que inicia a alocação das estruturas. Desta forma, dentro dos módulos as estruturas são tratadas como arrays normais, ficando transparente a alocação dinâmica em todo o sistema, exceto no módulo EXECUTIVO.

São as seguintes as estruturas utilizadas na alocação dinâmica, identificadas pela convenção abaixo:

item	nome da estrutura	tipo	bloco COMMON
------	-------------------	------	--------------

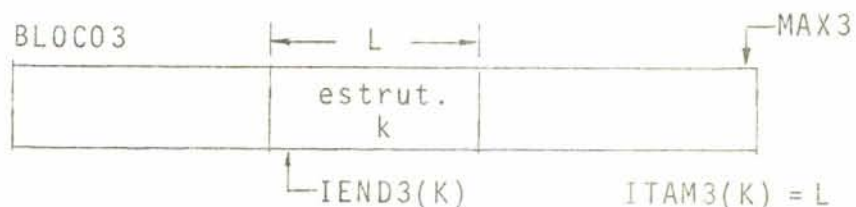
### 3.1.1. COMMON/BLOC03/

Este COMMON é definido abaixo:

posição	estrutura	tipo	tamanho
1	BLOC03	real	MAX3

### 3.1.2. BLOC03(65535) array real /BLOC03/

Este array serve como área de armazenamento das estruturas de informação de todo o sistema. As estruturas são alocadas com a rotina ALOCA3 e liberadas com a rotina LIBER3. Uma estrutura genérica  $k$  está alocada da seguinte forma:



### 3.1.3. IEND3(50) array inteiro /BLOC02/

Aqui são armazenados os endereços das estruturas no array BLOC03. A estrutura genérica k tem o número da palavra de BLOC03 correspondente à sua palavra l armazenada em IEND3(K).

3.1.4	ITAM3(50)	array inteiro	/BLOC02/
-------	-----------	---------------	----------

Armazena o tamanho com que foi alocada cada estrutura. O tamanho, em palavras, da estrutura genérica k está em ITAM3(K).

3.1.5.	MAX3	inteiro	/BLOC02/
--------	------	---------	----------

Armazena o limite de palavras no array BLOC03. Na implementação B6700, este valor é o máximo, isto é, 65535 palavras.

3.1.6.	MAX	inteiro	/BLOC02/
--------	-----	---------	----------

Contém o número atual de palavras alocadas no array BLOC03. Este valor nunca pode ultrapassar o valor de MAX3.

### 3.1.7 - Ordem de Alocação das Estruturas

O número de ordem das estruturas, para armazenamento em /BLOC03/, válido como subscrito de ITAM3 e IEND3 é dado a seguir:

1 BEIXOX	11 VIGAS	21 CARVIG	31 IREVFI
2 BEIXOX	12 IVIGAC	22 CARLAJ	32 REALV
3 BPILAR	13 VIGAC	23 GAMEC	33 ISEC
4 BVIGA	14 PILAR	24 CARHOR	34 SECALC
5 BLAJE	15 LAJES	25 ICALAJ	
6 BPISO	16 PISOS	26 ICAVIG	
7 BCLAPI	17 CLAPI	27 ICATMP	
8 BSECAO	18 CLAPIN	28 CAEXTR	
9 EIXOX	19 SECAO	29 livre	
10 EIXOY	20 FATS2	30 IREVIN	

### 3.2 - Reconhecimento Sintático

É de conhecimento geral que a linguagem FORTRAN IV não é uma das mais adequadas ao tratamento de caracteres. Entretanto, experiências anteriores no desenvolvimento do sistema LEBRE, utilizando as estruturas de armazenamento consagradas no sistema LORANE, permitem sobrepujar as limitações do FORTRAN.

Desenvolveu-se um grupo de rotinas para análise sintática, descritas em detalhes no item 5.8, com as quais é feito todo o manuseio de itens sintáticos, em nível quase coloquial, sem ser necessário o acesso direto às estruturas onde estes são armazenados. Isto permite grande desenvoltura no desenvolvimento das rotinas interpretadoras.

Esse conjunto de rotinas acima citado, uma das principais características da análise sintática do PROADE, permite:

- a. separar e identificar os itens sintáticos de um comando
- b. testar o próximo item sintático
- c. testar palavras-chaves
- d. gerar e recuperar listas de elementos
- e. testar a existência de elementos.

O avanço na lista de itens sintáticos é feito automaticamente pelas rotinas, no caso de teste bem sucedido.

As estruturas utilizadas no reconhecimento sintático são as seguintes, alocadas todas no COMMON/BLOC01/:

3.2.1.	TAB(100)	array real	/BLOC01/
--------	----------	------------	----------

Armazena os itens sintáticos de um comando, após seu reconhecimento. O item de ordem k no comando está armazenado em TAB(K). Os strings podem ocupar mais de uma palavra. Os valores armazenados podem ser:

- valor de constante inteira
- valor de constante real
- código de palavra-chave
- string, armazenado em nA4

3.2.2.	UTAB(100)	array inteiro	/BLOC01/
--------	-----------	---------------	----------

Contêm o tipo dos itens sintáticos armazenados na posição correspondente de TAB, conforme a tabela abaixo:

- 0 item inválido
- 1 inteiro
- 2 real
- 3 palavra-chave
- 4 string - UTAB(K+1) contém o número de palavras de 4 caracteres do string.

3.2.3.	ICOL(100)	array inteiro	/BLOC01/
--------	-----------	---------------	----------

Contêm, na palavra K, o número do caractere do registro de entrada em que inicia o item sintático de ordem k no comando, armazenado em TAB(K). É utilizado para apontar a posição, no registro de entrada, em que ocorreu o erro de sintaxe.

3.2.4.	CARTAO(80)	array inteiro	/BLOC01/
--------	------------	---------------	----------

Armazena a imagem do último registro de entrada, lido na forma A1, ou seja, 1 caractere por palavra.

3.2.5	NDUNID	inteiro	/BLOC01/
-------	--------	---------	----------

Número de itens sintáticos armazenados em TAB, isto é, que compõem o último comando. Indica também o valor máximo dos subscritos de UTAB, TAB e ICOL para o comando que está sendo analisado.

3.2.6.	ITA	inteiro	/BLOC01/
--------	-----	---------	----------

Número do item sintático que está sendo analisado. Serve como subscrito dos arrays TAB, UTAB e ICOL.

3.2.7.	JALEU	inteiro	/BLOC01/
--------	-------	---------	----------

É um indicador da necessidade de leitura ou não de

mais um registro de FILE1. Seus valores são:

- 0 o próximo comando está em um novo registro
- 1 o próximo comando está em um registro já lido

### 3.2.8 - Código das Palavras-Chaves

Durante o processo de reconhecimento sintático, as palavras-chaves são armazenadas sob a forma de um número inteiro, correspondente ao seu código no sistema. Esse código é o seguinte:

1	TODO	28	PS	55	DY	82	IMPR
2	ATE	29	GAMA	56	ALTU	83	DADO
3	MENO	30	GFP	57	EX1	84	CARR
4	CADA	31	GFQ	58	EX2	85	DO
5	TITU	32	GFW	59	ESPE	86	DIME
6	LIMI	33	GFEQ	60	XG	87	RESU
7	PISO	34	FCK	61	YG	88	CP
8	EIXO	35	FCD	62	MASS	89	CA
9	X	36	FYK	63	INER	90	PERM
10	Y	37	FYD	64	G	91	ACID
11	CLAS	38	VØ	65	LOCA	92	ADIC
12	TIPO	39	S1	66	VINC	93	EXTR
13	DE	40	K1	67	APOI	94	HORI
14	SECO	41	K2	68	LIVR	95	CONC
15	VIGA	42	TØ	69	ENGA	96	UNIF
16	PILA	43	ACO	70	L	97	LINE
17	LAJE	44	A	71	E	98	SUPE
18	CONT	45	B	72	ELIM	99	GERA
19	ESTA	46	POIS	73	VAOS	100	RETA
20	CARG	47	PRIM	74	VAO	101	T
21	UNID	48	SECU	75	ANAL	102	H
22	CONS	49	DIST	76	DINA	103	CRUZ
23	ES	50	MAIS	77	CALC	104	CIRC
24	GS	51	PROP	78	LIST	105	CHEI
25	HS	52	SECA	79	NAO	106	VAZA
26	CPS	53	POSI	80	MUDA	107	IX
27	CAS	54	DX	81	FIM	108	S

109	FATO	118	MILT	127	KPA	136	METO
110	S2	119	MH	128	MPA	137	MARK
111	IY	120	QUIL	129	SEGU	138	LINH
112	ETAP	121	KGF	130	MIN	139	RUPT
113	GEOM	122	NEWT	131	MINU	140	ELEM
114	METR	123	N	132	HORA	141	FINI
115	M	124	TONE	133	KCM2	142	MOME
116	CENT	125	TON	134	KN		
117	CM	126	PASC	135	*		

### 3.3 - Os COMMONS de Uso Geral

Todas as variáveis simples e os arrays de alocação fixa são agrupados em dois COMMONS: /BLOC01/, que armazena as variáveis sintáticas e de controle do sistema, e /BLOC02/, contendo dados escalares e os arrays de alocação. O terceiro COMMON, /BLOC03/ foi estudado no item 3.1.1.

#### 3.3.1. COMMON/BLOC01/

O armazenamento no COMMON é definido a seguir:

posição	estrutura	tipo	tamanho
1	CARTAO	inteiro	80
2	TAB	real	100
3	UTAB	inteiro	100
4	ICOL	inteiro	100
5	TITULO	inteiro	70
6	NCART	inteiro	
7	NERR	inteiro	
8	NDUNID	inteiro	
9	ITA	inteiro	
10	IF	inteiro	20

Quadro 3.1

segue

posição	estrutura	tipo	tamanho
11	JALEU	inteiro	
12	UNIDC	real	
13	UNIDF	real	
14	UNIDP	real	
15	UNIDT	real	
16	NUNIDC	inteiro	
17	NUNIDF	inteiro	
18	NUNIDP	inteiro	
19	NUNIDT	inteiro	
20	TCPU	real	
21	TIO	real	
22	TANAS	real	
23	TANAP	real	
24	TDIM	real	
25	TELAPS	real	
26	ISTAT	inteiro	

Quadro 3.1 (continuação)

As variáveis alocadas neste COMMON, além das já descritas anteriormente, são:

3.3.2.	IF(20)	array inteiro	/BLOC01/
--------	--------	---------------	----------

Associa o número interno do arquivo no sistema ao número externo, dependente da instalação. IF(K) contém o número externo do arquivo interno K.

Na implementação B6700,  $IF(K) = K$ .

3.3.3.	ISTAT	inteiro	/BLOC01/
--------	-------	---------	----------

Indica o status do sistema, contendo os valores:

0 nada disponível

- 1 dados de geometria disponíveis
- 2 dados de cargas disponíveis
- 3 análise estática secundária bem-sucedida
- 4 análise estática primária bem-sucedida
- 5 dimensionamento bem-sucedido

3.3.4.	NCART	inteiro	/BLOC01/
--------	-------	---------	----------

Contêm o número de registros lidos no arquivo FILE1, que contém os comandos.

3.3.5.	NERR	inteiro	/BLOC01/
--------	------	---------	----------

Número total de erros, de sintaxe ou de execução.

3.3.6.	NUNIDC	inteiro	/BLOC01/
--------	--------	---------	----------

Código da palavra-chave correspondente ao nome da unidade de comprimento. Os valores possíveis são:

- 114 METRO (valor-padrão)
- 115 M
- 116 CENTIMETRO
- 117 CM
- 118 MILIMETRO
- 119 MM

3.3.7.	NUNIDF	inteiro	/BLOC01/
--------	--------	---------	----------

Código da palavra-chave correspondente ao nome da unidade de força. Os valores possíveis são:

- 120 QUILOGRAMAFORÇA
- 121 KGF
- 122 NEWTON
- 123 N
- 124 TONELADAFORÇA
- 125 TF
- 126 KN (valor-padrão)



3.3.8.	NUNIDP	inteiro	/BLOC01/
--------	--------	---------	----------

Código da palavra-chave correspondente ao nome da unidade-padrão de pressão. Os valores possíveis são:

126	PASCAL
127	KPA
128	MPA (valor-padrão)
133	KCM2

3.3.9.	NUNIDT	inteiro	/BLOC01/
--------	--------	---------	----------

Código da palavra-chave correspondente ao nome da unidade de tempo. Os valores possíveis são:

102	H
108	S
129	SEGUNDO (valor-padrão)
130	MIN
131	MINUTO
132	HORA

3.3.10.	TANAP	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Tempo de processamento utilizado na análise primária, expresso em segundos.

3.3.11.	TANAS	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Tempo de processamento utilizado na análise secundária, expresso em segundos.

3.3.12.	TCPU	real	/BLOC01/
---------	------	------	----------

Tempo total de processamento do programa, expresso em segundos.

3.3.13.	TDIM	real	/BLOC01/
---------	------	------	----------

Tempo de processamento utilizado no dimensionamento, expresso em segundos.

3.3.14.	TELAPS	real	/BLOC01/
---------	--------	------	----------

Tempo de relógio decorrido desde o início do programa, medido em segundos.

3.3.15.	TIO	real	/BLOC01/
---------	-----	------	----------

Tempo total de entrada/saída do programa, expresso em segundos.

3.3.16.	TITULO(70)	array inteiro	/BLOC01/
---------	------------	---------------	----------

Contém o título do problema, informado no comando TITULO, armazenado em formato 70A1, com brancos nas palavras não ocupadas.

3.3.17.	UNIDC	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Valor do fator de conversão da unidade de comprimento, estabelecida em UNIDADES para a unidade-padrão de armazenamento (metro). O fator de conversão multiplica os dados na entrada e divide-os na saída. Os valores possíveis são:

<u>unidade</u>	<u>fator de conversão</u>
m	1,0
cm	0,01
mm	0,001

3.3.18.	UNIDF	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Valor do fator de conversão da unidade de força, estabelecida em UNIDADES para a unidade-padrão de armazenamento (newton). Os valores possíveis são:

<u>unidade</u>	<u>fator de conversão</u>
N	1,0
kN	1000,0
kgf	9,81
tf	9810,0

3.3.19.	UNIDP	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Valor do fator de conversão da unidade de pressão estabelecida em UNIDADES para a unidade-padrão de armazenamento (pascal). Os valores possíveis são:

<u>unidade</u>	<u>fator de conversão</u>
Pa	1,0
kPa	1000,0
MPa	$1,0 \times 10^6$
kgf/cm <sup>2</sup>	$98,1 \times 10^4$

3.3.20.	UNIDT	real	/BLOC01/
---------	-------	------	----------

Valor do fator de conversão da unidade de tempo estabelecida no comando UNIDADES para a unidade-padrão de armazenamento (segundo). Os valores possíveis são:

<u>unidade</u>	<u>fator de conversão</u>
s	1,0
min	60,0
h	3600,0

3.3.21.	COMMON	/BLOC02/
---------	--------	----------

Este COMMON armazena valores escalares, fornecidos como dados, além dos arrays de controle de alocação. O armazenamento das variáveis neste COMMON é o que segue:

posição	estrutura	tipo	tamanho
1	MXPI	inteiro	
2	MXEX	inteiro	
3	MXEY	inteiro	
4	MXV	inteiro	
5	MXP	inteiro	
6	MXL	inteiro	
7	MXCPI	inteiro	
8	MXVC	inteiro	
9	MXEC	inteiro	
10	MXS	inteiro	
11	NPI	inteiro	
12	NEX	inteiro	
13	NEY	inteiro	
14	NV	inteiro	
15	NP	inteiro	
16	NL	inteiro	
17	NCPI	inteiro	
18	NVC	inteiro	
19	NEC	inteiro	
20	NS	inteiro	
21	ES	real	
22	GS	real	
23	HS	real	
24	CPS	real	
25	CAS	real	
26	PS	real	
27	GAMA	real	
28	GFP	real	
29	GFQ	real	
30	GFW	real	

Quadro 3.2

segue

posição	estrutura	tipo	tamanho
31	GFEQ	real	
32	FCK	real	
33	FCD	real	
34	FYK	real	
35	FYD	real	
36	IACO	inteiro	
37	VØ	real	
38	S1	real	
39	POI	real	
40	RK1	real	
41	RK2	real	
42	TØ	real	
43	IANA	inteiro	
44	LIST	inteiro	
45	MUDAR	lógico	
46	LSEC	inteiro	
47	ICLAS	inteiro	
48	IEND3	inteiro	50
49	ITAM3	inteiro	50
50	MAX3	inteiro	
51	MAX	inteiro	
52	LCAE	inteiro	
53	LREA	inteiro	

Quadro 3.2 (continuação)

3.3.22.	CAS	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Taxa de carga acidental padrão, por unidade de área, para lajes. Valor-padrão = 2,0 kN/m<sup>2</sup>.

3.3.23.	CPS	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Taxa de carga permanente padrão, por unidade de área, para lajes. Valor-padrão =  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

3.3.24.	ES	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Módulo de elasticidade padrão para o concreto. Valor-padrão = 2911 MPa.

3.3.25.	FCD	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Resistência de cálculo padrão para o concreto. Valor-padrão =  $FCK / 1.4$ .

3.3.26.	FCK	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Resistência característica padrão para o concreto. Valor-padrão = 15.3 MPa.

3.3.27.	FYD	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Resistência de cálculo padrão para o aço da armadura. Valor-padrão =  $FYK / 1.15$ .

3.3.28.	FYK	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Resistência característica padrão para o aço. Valor-padrão = 509.7 MPa.

3.3.29.	GAMA	real	/BLOC02/
---------	------	------	----------

Peso específico padrão para o concreto armado. Valor-padrão =  $24.5 \text{ kN/m}^3$ .

3.3.30.	GFEQ	real	/BLOC02/
---------	------	------	----------

Fator de majoração padrão para cargas de sismo. Valor-

-padrão = 1.4.

3.3.31.	GFP	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Fator de majoração padrão para cargas permanentes em lajes e peso próprio em lajes, vigas e pilares. Valor-padrão = 1.4.

3.3.32.	GFQ	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Fator de majoração padrão para cargas acidentais e cargas extras. Valor-padrão = 1.4.

3.3.33.	GSW	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Fator de majoração padrão para cargas de vento. Valor-padrão = 1.4.

3.3.34.	GS	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Módulo de corte padrão para o concreto. Valor-padrão = 0.4 ES.

3.3.35.	HS	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Espessura-padrão para lajes. Valor-padrão = 0,10m.

3.3.36.	IACO	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Tipo de aço utilizado no dimensionamento. Os valores possíveis são:

- 0 aço tipo A (dureza natural)
- 1 aço tipo B (deformado a frio) - Valor-padrão.

3.3.37.	IANA	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Tipo de análise solicitada. Os valores possíveis são:

- 1 estática secundária
- 2 estática primária
- 3 dinâmica (primária)

3.3.38.	ICLAS	inteiro	/BLOC02/
---------	-------	---------	----------

Estado de classificação do array CAEXTR. Os valores possíveis são:

- 0 não classificado
- 1 classificado antes da análise secundária
- 2 classificado antes da análise primária

3.3.39.	LCAE	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Apontador para a última posição ocupada no array CAEXTR.

3.3.40.	LIST	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Opções de listagem de dados internos indicado pelos bits correspondentes ligados.

<u>bit</u>	<u>opção</u>
1	listar alocações do COMMON /BLOC03/
2	imprimir diretório de disco de FILE13 e FILE14

As demais opções estão livres para implementação nas rotinas de análise.

3.3.41.	LREA	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Apontador para a última posição ocupada no array REALV.

3.3.42.	ISEC	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Apontador para a última posição ocupada no array SECALC.



3.3.43.	MUDAR	lógico	/BLOC02/
---------	-------	--------	----------

Indicador de alteração de dados no sistema. Os valores possíveis são:

- .FALSE. não é possível alterar dados já fornecidos
- .TRUE. é possível informar novos dados para qualquer elemento estrutural.

3.3.44.	MXCPI	inteiro	/BLOC02/
---------	-------	---------	----------

Número máximo de classes de pisos permitidas no problema. Valor-padrão = 3.

3.3.45.	MXEC	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número máximo de estados de cargas extras permitidos no problema. Valor-padrão = 5.

3.3.46.	MXEX	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número máximo de eixos X permitidos no problema. Valor-padrão = 10.

3.3.47.	MXEY	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número máximo de eixos Y permitido no problema. Valor-padrão = 10.

3.3.48.	MXL	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número máximo de lajes por classe de piso permitido no problema. Valor-padrão = 30.

3.3.49.	MXP	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número máximo de pilares permitido no problema, por piso. Valor-padrão = 60.

3.3.50.	MXPI	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número máximo de pisos permitido no problema.  
Valor-padrão = 15.

3.3.51.	MXS	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número máximo de classes de seções permitido no problema. Valor-padrão = 15.

3.3.52.	MXV	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número máximo de vigas por classe de piso permitido no problema. Valor-padrão = 60.

3.3.53.	MXVC	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número máximo de vigas contínuas por classe de piso permitido no problema. Valor-padrão = 15.

3.3.54.	NCPI	inteiro	/BLOC02/
---------	------	---------	----------

Número total de classes de pisos definidas no problema.

3.3.55.	NEC	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número total de estados de cargas extras definidas no problema.

3.3.56.	NEX	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número total de eixos X definidos no problema.

3.3.57.	NEY	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Número total de eixos Y definidos no problema.

3.3.58.	NL	inteiro	/BLOC02/
---------	----	---------	----------

Maior número de lajes por classe de pisos, definidas no problema.

3.3.59.	NP	inteiro	/BLOC02/
---------	----	---------	----------

Maior número de pilares por piso definidos no problema.

3.3.60.	NPI	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Maior número de pisos definidos no problema.

3.3.61.	NS	inteiro	/BLOC02/
---------	----	---------	----------

Número total de classes de seções definidas no problema.

3.3.62.	NV	inteiro	/BLOC02/
---------	----	---------	----------

Maior número de vigas definidas por classe de pisos no problema.

3.3.63.	NVC	inteiro	/BLOC02/
---------	-----	---------	----------

Maior número de vigas contínuas por classe de pisos definidas no problema.

3.3.64.	POI	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

Coefficiente de Poisson padrão para o concreto armado. Valor-padrão = 0,2.

3.3.65.	PS	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Taxa de carga distribuída por unidade de comprimento padrão em vigas. Valor-padrão = 0 kN/m.

3.3.66.	RK1	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

1º parâmetro do espectro de sismo. Valor-padrão = 1,0.

3.3.67.	RK2	real	/BLOC02/
---------	-----	------	----------

2º parâmetro do espectro de sismo. Valor-padrão = 1,0.

3.3.68.	S1	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Fator topográfico para a velocidade do vento. Valor-padrão = 1,0.

3.3.69.	TØ	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

3º parâmetro do espectro de sismo. Valor-padrão = 0,5.

3.3.70.	VØ	real	/BLOC02/
---------	----	------	----------

Velocidade básica do vento. Valor-padrão = 45 m/s.

### 3.4 - Estruturas da Etapa Geométrica

As estruturas manuseadas pelas rotinas desta etapa são alocadas pelo módulo EXECUTIVO antes da chamada do módulo de GEOMETRIA e são passadas a este como parâmetros. Internamente no módulo de GEOMETRIA as estruturas são tratadas como arrays e desta forma são passadas às rotinas interpretadoras.

A ordem de alocação das estruturas nesta etapa é a seguinte:

1	BEIXOX	6	BPISO	11	VIGAS	16	PISOS
2	BEIXOY	7	BCLAPI	12	IVIGAC	17	CLAPI
3	BPILAR	8	BSECAO	13	VIGAC	18	CLAPIN
4	BVIGA	9	EIXOX	14	PILAR	19	SECAO
5	BLAJE	10	EIXOY	15	LAJES	20	FATS2

Descreve-se a seguir cada uma destas estruturas, com

o dimensionamento considerado na alocação, indicado entre parênteses.

Na descrição destas estruturas é usada a convenção a seguir:

item	nome da estrutura (dimensão)	tipo	parâmetro
------	------------------------------	------	-----------

3.4.1.	BEIXOX(MXEX)	array inteiro	param.
--------	--------------	---------------	--------

Contém informações sobre os eixos X. A cada número de eixo corresponde uma palavra do array. Os bits ligados nas palavras indicam:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	eixo existe
2	eixo é primário

3.4.2.	BEIXOY(MXEY)	array inteiro	param.
--------	--------------	---------------	--------

Armazena o mesmo que BEIXOX, porém em relação aos eixos Y.

3.4.3.	BPILAR(MXP, MXPI)	array inteiro	param.
--------	-------------------	---------------	--------

Contém as informações sobre os pilares.

BPILAR(I,J) corresponde ao pilar I do piso J. As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	pilar existe
2	pilar é primário
3	pilar está localizado
4	propriedades dadas
5	imprimir geometria do pilar
6	imprimir esforços do pilar
7	imprimir dimensionamento do pilar
8	dimensionamento solicitado

<u>bit</u>	<u>informação</u>
9	esforços disponíveis
10	armaduras disponíveis

3.4.4.	BVIGA(MXV, MXCPI)	array inteiro	param.
--------	-------------------	---------------	--------

Contêm informações sobre as vigas.

BVIGA(I,J) corresponde à viga I da classe de piso J.

As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	viga existe
2	viga é primária
3	viga está localizada
4	propriedades dadas
5	imprimir geometria da viga
6	imprimir cargas da viga
7	imprimir esforços da viga
8	imprimir dimensionamento da viga
9	dimensionamento solicitado
10	0: viga X, 1: viga Y
11	esforços disponíveis
12	armaduras disponíveis
13	vinculação dada
14	cargas dadas para a viga

3.4.5.	BLAJE(MXL, MXCPI)	array inteiro	param.
--------	-------------------	---------------	--------

Armazena informações sobre as lajes.

BLAJE(I,J) corresponde à laje I da classe de piso J.

As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	laje existe
2	vinculação dada
3	laje está localizada
4	propriedades dadas
5	imprimir geometria da laje

<u>bit</u>	<u>informação</u>
6	imprimir cargas da laje
7	imprimir esforços da laje
8	imprimir dimensionamento da laje
9	esforços disponíveis
10	armaduras disponíveis
11	método de cálculo informado
12	cargas dadas
13	dimensionamento solicitado

3.4.6.	BPISO(MXPI)	array inteiro	param.
--------	-------------	---------------	--------

Armazena informações sobre os pisos.

BPISO(I) corresponde ao piso I. As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	piso existe
2	cargas dadas para o piso
3	
4	propriedades dadas para o piso
5	imprimir geometria do piso
6	imprimir cargas do piso

3.4.7.	BCLAPI(MXCPI)	array inteiro	param.
--------	---------------	---------------	--------

Armazena informações sobre as classes de pisos.

BCLAPI(I) corresponde à classe de piso I. As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	classe de piso existe

3.4.8.	BSECAO(MXS)	array inteiro	param.
--------	-------------	---------------	--------

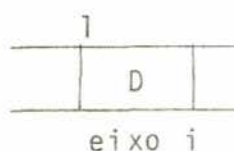
Armazena informações sobre as classes de seções.

BSECAO(I) corresponde à classe de seção I. As informações armazenadas por bit são:

<u>bit</u>	<u>informação</u>
1	classe de seção existe
2	parâmetros dados
3	constante E dada
4	constante G dada

3.4.9.	EIXOX(MXEX)	array real	param.
--------	-------------	------------	--------

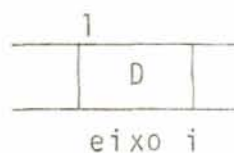
Armazena os dados dos eixos X. Cada bloco é formado por 1 palavra.



<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	distância do eixo i à origem

3.4.10.	EIXOY(MXEY)	array real	param.
---------	-------------	------------	--------

Armazena os dados dos eixos Y. Cada bloco é formado por 1 palavra.



<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	distância do eixo i à origem

3.4.11.	VIGAS(10,MXV,MXCPI)	array real	param.
---------	---------------------	------------	--------

Contêm os dados de vigas, em blocos de 10 palavras por viga.





	6	7	8	9	10
→	DIST	ALT	EX1/ EY1	EX2/ EY2	VINC

viga i, classe de piso j

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	eixo de definição
2	eixo inicial
3	eixo final
4	classe de seção
5	posição da seção
6	distância ao eixo de definição
7	altura do piso
8	tramo rígido inicial
9	tramo rígido final
10	vinculação
	00 apoio-apoio
	01 apoio-engaste
	02 apoio-livre
	10 engaste-apoio
	11 engaste-engaste
	12 engaste-livre
	20 livre-apoio
	21 livre-engaste

3.4.12.	IVIGAC(MXVC, MXCPI)	array inteiro	param.
---------	---------------------	---------------	--------

Contêm os índices para o array VIGAC.

IVIGAC(I,J) para a viga contínua I da classe de piso J, aponta para a palavra inicial do bloco de dados respectivo no array VIGAC.

3.4.13.	VIGAC((MXCPI+1)*MXVC*MXEX	array inteiro flexível
	param.	

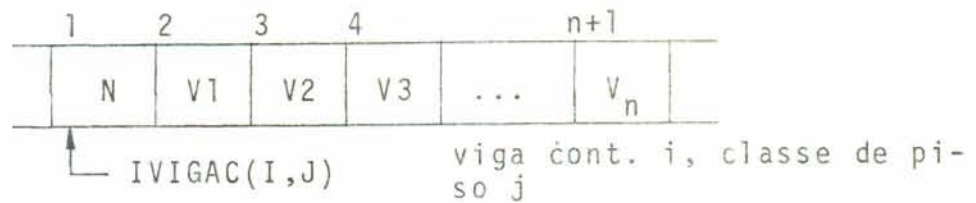
Área de armazenamento dos dados das vigas contínuas. Os blocos são alocados na próxima posição disponível e apontados por IVIGAC(I,J).

O armazenamento em VIGAC é formado por uma área inicial de  $(MXCPI+1)$  palavras, tal que

VIGAC(J) - número de vigas contínuas na classe de piso J

VIGAC(MXCPI+1) - número da próxima palavra livre em VIGAC

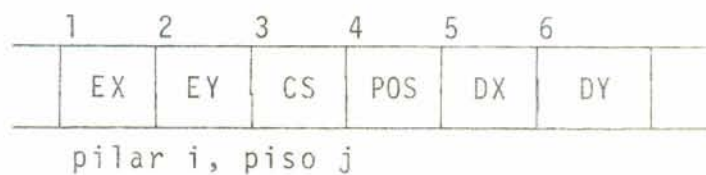
A partir da palavra  $(MXCPI+2)$  são armazenados os blocos, de tamanho variável, com o formato abaixo:



palavra	informação
1	número de vãos na viga contínua
2	número da viga 1
...	...
n+1	número da viga n

3.4.14.	PILAR(6,MXP,MXPI)	array real	param.
---------	-------------------	------------	--------

Armazena os dados de pilares, em blocos de 6 palavras por pilar.



palavra	informação
1	número do eixo X
2	número do eixo Y
3	classe de seção
4	posição da seção
5	distância ao eixo Y
6	distância ao eixo X

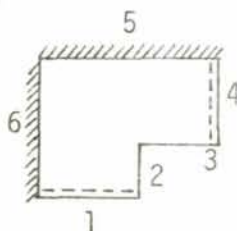
3.4.15.	LAJES(9,MXL,MXCPI)	array real	param.
---------	--------------------	------------	--------

Contêm os dados das lajes em blocos de 9 palavras por laje.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
E1	E2	E3	E4	E5	E6	V	M	E

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número do eixo X da borda 1
2	número do eixo Y da borda 2
3	número do eixo X da borda 3
4	número do eixo Y da borda 4
5	número do eixo X da borda 5
6	número do eixo Y da borda 6
7	vinculação das bordas, na forma $V_6 V_5 V_4 V_3 V_2 V_1$ , onde $V_n = 0$ apoio 1 engaste 2 livre
8	método de cálculo 1 linhas de ruptura 2 Markus 3 elementos finitos
9	espessura

Exemplo de  
vinculação:110220



3.4.16.	PISOS(6,MXPI)	array real	param.
---------	---------------	------------	--------

Contêm os dados dos pisos, armazenados em blocos de 6 palavras por piso.

1	2	3	4	5	6	
ALT	XG	YG	M	I	CP	

piso i

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	altura do piso
2	coordenada X do centro de massa
3	coordenada Y do centro de massa
4	massa total do piso
5	inércia rotacional do piso
6	classe de piso a qual pertence o piso

3.4.17.	CLAPI(MXPI,MXCPI)	array inteiro	param.
---------	-------------------	---------------	--------

Contêm os números dos pisos que pertencem a classe de piso. Os blocos são de tamanho fixo, com MXPI palavras.

1	2	3	...	n	...	MXPI	
P1	P2	P3	...	P <sub>n</sub>	...		

classe de piso i

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número do primeiro piso da classe
2	número do segundo piso da classe
...	...
n	número do piso n

3.4.18.	CLAPIN(40,MXCPI)	array inteiro	param.
---------	------------------	---------------	--------

Armazena em cada bloco de 40 palavras, no formato 40A1, o nome da classe de piso correspondente.

1	40
nome da classe de piso i	

classe de piso i

3.4.19.	SECAO(9,MXS)	array real	param.
---------	--------------	------------	--------

Contêm os parâmetros das classes de seções, em blocos de 9 palavras.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
T	a/A	b/IX	c/IY	d/s	e	f	E	G

classe de seção i

palavra

informação

1

tipo de perfil

1 geral

2 retangular

3 L

4 T

5 cruz

6 circular cheia

7 circular vazada

8 H

2

parâmetro a (ou área da seção transversal)

3

parâmetro b (ou momento de inércia na direção do eixo X da seção)

4

parâmetro c (ou momento de inércia na direção do eixo Y da seção)

5

parâmetro d (ou área de corte da seção)

6

parâmetro e

7

parâmetro f

8

módulo de elasticidade longitudinal

9

módulo de elasticidade transversal

Quando a seção é do tipo geral as palavras 2, 3, 4 e 5 armazenam as grandezas A, IX, IY e S; senão armazenam os parâmetros a, b, c e d.

3.4.20.	FATS2(MXPI)	array real	param.
---------	-------------	------------	--------

Armazena o fator  $s_2$  da velocidade característica do

vento para os pisos.

FATS2(I) contém o fator  $s_2$  para o piso I.

### 3.5 - Estruturas da Etapa de Cargas

As estruturas que armazenam os dados de cargas são alocadas pelo EXECUTIVO, em continuação às estruturas da Etapa de Geometria, antes da chamada do módulo de CARGAS e são passadas a este como parâmetros. Internamente neste módulo, são tratadas como arrays e são passadas às rotinas internas do módulo como parâmetros.

A ordem de alocação destas estruturas na etapa é a seguinte:

21	CARVIG	25	ICALAJ
22	CARLAJ	26	ICAVIG
23	GAMEC	27	ICATMP
24	CARHOR	28	CAEXTR

3.5.1.	CARVIG(NV,NCPI)	array real	param.
--------	-----------------	------------	--------

Armazena a carga em vigas, fornecida no comando CARREGAMENTOS. Cada bloco contém apenas uma palavra:

1
P

viga i, classe de piso j

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	taxa de carga distribuída na viga, por unidade de comprimento

3.5.2.	CARLAJ(3,NL,NCPI)	array real	param.
--------	-------------------	------------	--------

Armazena, para cada laje, o valor das cargas dadas no comando CARREGAMENTOS. Cada bloco contém 3 palavras:

1	2	3
CP	CA	ES

laje i, classe de piso j

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	taxa de carga permanente
2	taxa de carga acidental
3	estado de sobrecarga

3.5.3.	GAMEC(MXEC)	array real	param.
--------	-------------	------------	--------

Armazena, em blocos de 1 palavra, o fator de majoração das cargas extras, para cada estado de cargas extras.

1
f

estado de cargas extras i

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	fator de majoração das cargas extras

3.5.4.	CARHOR(2,NPI)	array real	param.
--------	---------------	------------	--------

Cada bloco de 2 palavras armazena os dados de carga horizontal nos pisos, informados em CARGAS EXTRAS.

1	2
FX	FY

piso i

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	força na direção X
2	força na direção Y

3.5.5.	ICALAJ(MXEC+3,NCPI)	array inteiro	param.
--------	---------------------	---------------	--------

Contêm os índices para CAEXTR das cargas extras em lajes, apontando para o primeiro bloco de cargas de lajes.

ICALAJ(I,J) contém o número da palavra de CAEXTR em que inicia o bloco de cargas extras da primeira laje carregada no estado de cargas I (ver 2.3.1.g) e classe de piso J. Somente deve ser empregado quando ICLAS > 0, isto é, após a 1ª classificação, que ocorre antes da análise secundária.

3.5.6.	ICAVIG(MXEC+3,NCPI)	array inteiro	param.
--------	---------------------	---------------	--------

Contêm os índices para CAEXTR das cargas em vigas.

ICAVIG (I,J) contém o número da palavra de CAEXTR em que inicia o bloco de cargas extras da primeira viga carregada no estado de cargas I (ver 2.3.1.g) e classe de piso J. ICAVIG deve ser usado apenas quando ICLAS > 0, isto é, após a 1ª classificação.

3.5.7.	ICATMP(MXEC+3)	array inteiro	param.
--------	----------------	---------------	--------

Armazena, durante a Etapa de Cargas, os índices para CAEXTR das cargas em lajes e vigas e, posteriormente, durante a análise secundária, índices para CAEXTR das cargas e reações em vigas.

ICATMP(I) contém, antes da 1ª classificação (ICLAS=0), o número da palavra em CAEXTR em que inicia o primeiro bloco de cargas em lajes e vigas do estado de cargas I. Após a 1ª classificação, ICATMP é zerado.

Durante a análise secundária (ICLAS=1), ICATMP armazena o número da palavra de CAEXTR em que inicia o primeiro bloco de reações em vigas primárias do estado de cargas I.

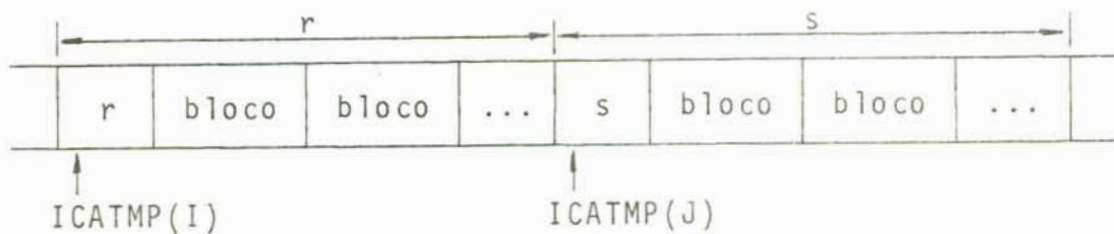
Após a 2ª classificação, isto é, durante e após a análise primária, ICATMP não deve ser utilizado.

3.5.8.	CAEXTR((MXEC+3)*(NL*8+NV*7))	array real flexível
	param.	

É a área de armazenamento de cargas extras em lajes e vigas e de reações em vigas primárias. Os blocos de cargas têm configuração variável em função da fase (pré e pós-classificação).

Na fase de pré-classificação, os blocos de cargas de cada estado de cargas extras são armazenados juntos, precedidos por uma palavra que contém o tamanho da área de armazenamento deste estado de cargas extras, apontada por ICATMP(I), onde I é o número do estado de carga (estado de cargas extras + 3).





Nesta fase, os blocos de laje têm o formato:

1	2	3	4
CP	L	1	W

superficial

1	2	3	4	5	6
CP	L	2	AX	AY	W

concentrada

1	2	3	4	5	6	7	8
CP	L	3	AX	AY	BX	BY	W

linear

palavra

informação

1	classe de piso
2	número da laje + 10000
3	código:
1	carga superficial
2	carga concentrada
3	carga linear

carga superficial

4	taxa de carga por unidade de área
---	-----------------------------------

carga concentrada

4	distância ao eixo Y mais próximo à origem
5	distância ao eixo X mais próximo à origem
6	valor da carga concentrada, positivo quando na direção -Z

carga linear

4	distância do ponto inicial da carga ao eixo Y mais próximo à origem
---	---

- 5 distância do ponto inicial da carga  
ao eixo X mais próximo à origem
- 6 distância do ponto final da carga  
ao eixo Y mais próximo à origem
- 7 distância do ponto final da carga  
ao eixo X mais próximo à origem
- 8 taxa de carga por unidade de comprimento

Os blocos de viga têm o formato abaixo, na fase de pré-classificação 1:

1	2	3	4	5
CP	V	4	A	W

concentrada

1	2	3	4	5	6
CP	V	5	A	B	W

uniforme

1	2	3	4	5	6	7
CP	V	6	A	B	W1	W2

linear

1	2	3	4	5
CP	V	7	A	W

momento

palavra

informação

- 1 classe de piso
- 2 número da viga
- 3 código:
- 4 carga concentrada
- 5 carga uniforme
- 6 carga linear
- 7 momento

carga concentrada

- 4 distância ao apoio esquerdo
- 5 valor da carga concentrada, positi-

va na direção -Z

carga uniforme

- 4 distância ao apoio esquerdo  
 5 comprimento do trecho da carga  
 6 taxa de carga distribuída por unidade de comprimento

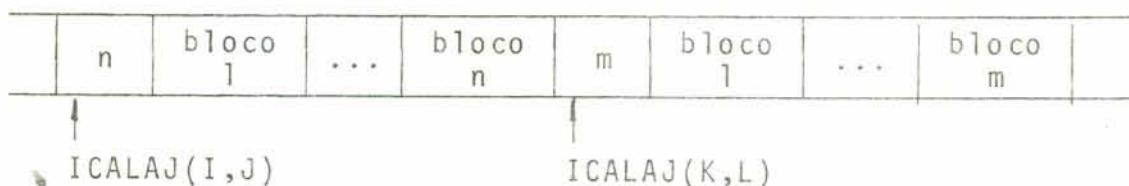
carga linear

- 4 distância ao apoio esquerdo  
 5 comprimento do trecho da carga  
 6 valor inicial da taxa de carga por unidade de comprimento  
 7 valor final da taxa de carga por unidade de comprimento

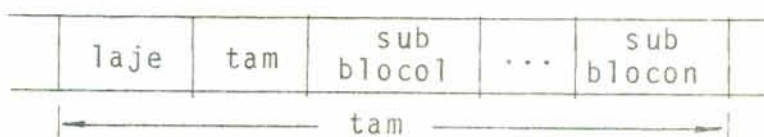
momento

- 4 distância ao apoio esquerdo  
 5 valor do momento, positivo quando na direção positiva X ou Y.

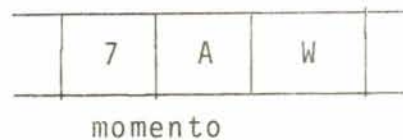
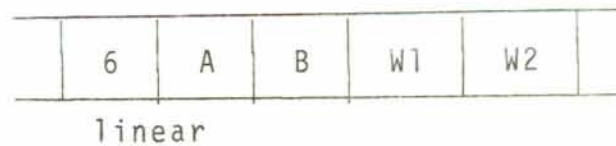
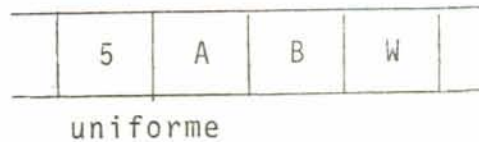
Após a 1ª classificação, feita por ordem de estado de carga, classe de piso, número de laje e número de viga, os blocos mudam de formato. Todos os blocos de lajes de um mesmo estado de carga e mesma classe de piso são transformados em sub-blocos e armazenados juntos, precedidos pelo número da laje e pelo tamanho total do novo bloco da laje. O primeiro bloco é precedido por uma palavra com o número de blocos, apontada por ICALAJ(I,J), onde I é o número do estado de cargas e J o número da classe de pisos.



O formato dos blocos de lajes, na fase após a 1ª classificação é o seguinte:







Durante a análise secundária, as reações em vigas primárias são armazenadas em CAEXTR, sendo os blocos armazenados por estado de carga, com o mesmo formato da fase pré-classificação, apontados por ICATMP(I), onde I é o número do estado de carga. Após a análise secundária, ocorre a 2ª classificação, quando são eliminados os blocos de lajes e de cargas em vigas secundárias, permanecendo apenas os blocos de cargas em vigas primárias e de reações em vigas primárias (tratados como cargas).

A última palavra ocupada em CAEXTR é sempre indicada por LCAE.

### 3.6 - Estruturas da Etapa de Análise

As estruturas desta etapa são alocadas pelo EXECUTIVO, em área subsequente à ocupada pelas estruturas das etapas anteriores.

Após a alocação, as estruturas são passadas como parâmetros ao módulo de ANALISE, sendo tratadas internamente a este como arrays e desta forma passadas às rotinas por ele chamadas.

A ordem de alocação das estruturas nesta etapa é a seguinte:

30 IREVIN	33 ISEC
31 IREVFI	34 SECALC
32 REALV	

3.6.1.	IREVIN(NV)	array inteiro	param.
--------	------------	---------------	--------

Contêm os apontadores, relativos a cada viga secundária, para o 1º bloco (*header*) de reações de lajes e vigas, agindo nesta viga, armazenado em REALV.

IREVIN(I) contém o número da palavra de REALV onde está armazenado o 1º bloco de reações na viga secundária I.

Os valores de IREVIN são válidos apenas durante o ciclo de análise relativo a uma classe de piso e um estado de cargas. Além disso, IREVIN não pode ser empregado para as vigas primárias, pois as reações são armazenadas diretamente em CAEXTR.

3.6.2.	IREVFI(NV)	array inteiro	param.
--------	------------	---------------	--------

Contêm os apontadores, relativos a cada viga secundária, para o último bloco (*trailer*) de reações de lajes e vigas, agindo nesta viga, armazenado em REALV.

IREVFI(I) armazena o número da palavra de REALV em que inicia o último bloco de reações na viga secundária I. Estes valores sã devem ser empregados no ciclo de análise relativo a uma classe de piso e um estado de cargas.

3.6.3.	REALV(NV*20)	array real flexível	param.
--------	--------------	---------------------	--------

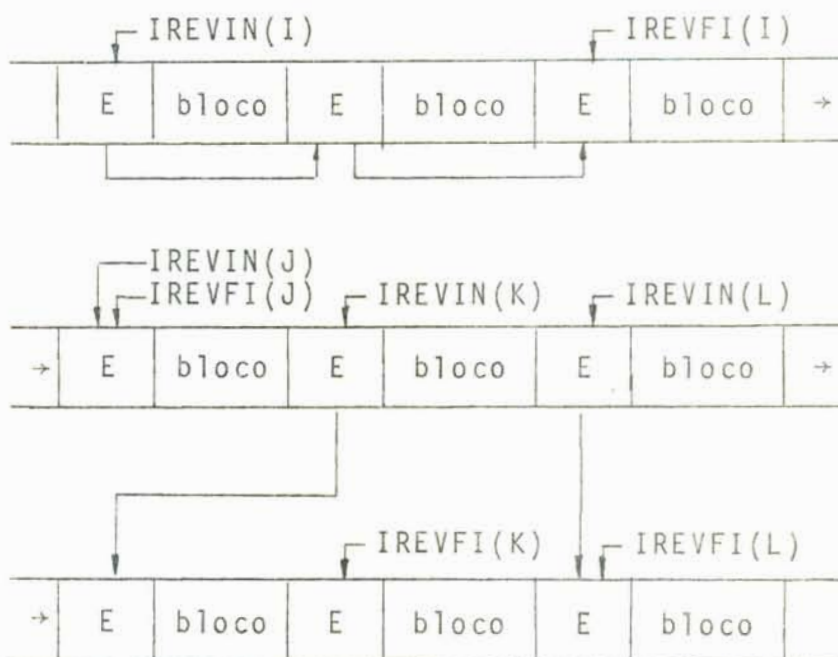
Armazena os blocos de cargas correspondentes às reações das lajes e vigas que descarregam em vigas secundárias. Os blocos correspondentes a cada viga secundária formam uma fila simplesmente encadeada, sendo o primeiro bloco da fila (*header*) apontado por IREVIN(I) e o último bloco (*trailer*) apontado por IREVFI(I), onde I é o número da viga secundária. Portanto, a cada viga secundária com reações de lajes ou vigas agindo sobre ela, corresponde uma fila de blocos no array REALV.

A primeira palavra do bloco é o elo (*link*) que aponta para o bloco seguinte e as demais compõem a informação.

REALV não armazena as reações em vigas primárias, que são armazenadas diretamente em CAEXTR, antes da 2ª classifica-

ção, indexadas por ICATMP.

Abaixo é mostrado um exemplo do esquema de alocação em REALV:



Os blocos podem ser do tipo 4 (reações de vigas), ou 5 ou 6 (reações de lajes), e têm o formato abaixo, com tamanho variável:

1	2	3	4
E	4	A	W

concentrada

1	2	3	4	5
E	5	A	B	W

uniforme

1	2	3	4	5	6
E	6	A	B	W1	W2

linear

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	elo ( <i>link</i> ) para o próximo bloco desta viga
2	código
4	carga concentrada
5	carga uniforme
6	carga linear
<u>carga concentrada</u>	
3	distância ao apoio esquerdo
4	valor da carga concentrada
<u>carga uniforme</u>	
3	distância ao apoio esquerdo
4	comprimento do trecho de carga
5	taxa de carga distribuída por unidade de comprimento
<u>carga linear</u>	
3	distância do ponto inicial da carga ao apoio esquerdo
4	comprimento do trecho
5	valor inicial da taxa de carga distribuída por unidade de comprimento
6	valor final da taxa de carga distribuída por unidade de comprimento

A última palavra ocupada em REALV é indexada por LREA.

3.6.4.	ISEC(NV,NCPI)	array inteiro	param.
--------	---------------	---------------	--------

Contém índices para os blocos das seções de cálculo em SECALC.

ISEC(I,J) armazena o número da palavra em SECALC em que inicia o bloco de seções de cálculo da viga I e classe de piso J.

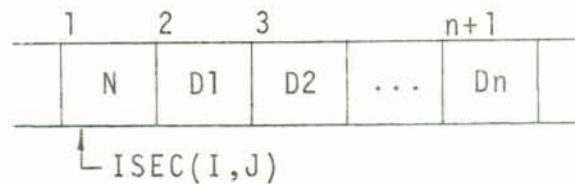
3.6.5.	SECALC(NCPI*NV*20)	array real	param.
--------	--------------------	------------	--------

Armazena as informações sobre as seções de cálculo



nas vigas, em blocos de tamanho variável. Cada bloco é apontado por ISEC(I,J), onde I é o número da viga e J o número da classe de piso.

Os blocos têm o formato:



palavra	informação
1	número de seções
2	distância ao apoio esquerdo da seção 1
3	distância ao apoio esquerdo da seção 2
...	...
n+1	distância ao apoio esquerdo da seção n.

O número da última palavra ocupada em SECALC está armazenado em LSEC.

### 3.7 - Estruturas da Etapa de Dimensionamento

Nesta etapa não é alocada nenhuma estrutura adicional além das alocadas nas etapas anteriores.

### 3.8 - Arquivos do Sistema

Os arquivos empregados no sistema agrupam-se em diversas categorias, de acordo com a finalidade a que se destinam. Os atributos de arquivos constantes dos itens seguintes referem-se a implementação no sistema B6700.

#### 3.8.1 - Arquivos Gerais

##### 3.8.1.1 - Arquivo FILE1 - programa PROADE

Este arquivo contém os comandos do programa PROADE. Cada registro, com 80 caracteres, contém uma linha de programa.

O arquivo tem os seguintes atributos:

Title = CARD  
 Kind = READER  
 Maxrecsize = 14 palavras  
 Acesso seqüencial, entrada

### 3.8.1.2 - Arquivo FILE2 - listagem do programa e mensagens de erro

São impressos neste arquivo e imagem de cartão dos comandos do programa, as mensagens de erro, informações gerais e as estatísticas do programa. Seus atributos são:

Title = LINE2  
 Kind = PRINTER  
 Maxrecsize = 22  
 Acesso seqüencial, saída

### 3.8.1.3 - Arquivo FILE3 - listagem de resultados

Toda a impressão de dados e resultados do sistema, especialmente aquela produzida pelo comando IMPRIMIR é gerada neste arquivo. Seus atributos são:

Title = LINE3  
 Kind = PRINTER  
 Maxrecsize = 22 palavras  
 Acesso seqüencial, saída

### 3.8.1.4 - Arquivo FILE4 - mensagem de erro

Este arquivo de dados contém, em cada registro, o texto da mensagem de erro cujo número corresponde à ordem de gravação, sendo acessado pela rotina ERRO quando for necessário emitir uma mensagem de erro. Os atributos abaixo podem ser alterados sem conseqüências para o programa, devido ao atributo Filetype = 7.

Title = PROADE/DATA/MENSAGENS  
 Kind = DISK ou PACK  
 Maxrecsize = 10 palavras  
 Blocksize = 10 palavras  
 Areas = 3  
 Areasize = 150 registros  
 Filetype = 7

Acesso direto.

Cada registro tem o formato abaixo:

1	10
texto da mensagem de erro (15A4)	

### 3.8.2 - Arquivos de Interface com a Análise Primária

Esses arquivos armazenam os dados informados no programa PROADE, gerados no módulo GEOMETRICO e módulo de CARGAS, para uso das rotinas da análise primária, onde são convertidos a outros formatos de armazenamento na memória, conforme descrito em [2].

#### 3.8.2.1 - Arquivo FILE13 - dados de geometria

Neste arquivo são gravados os dados do módulo de GEOMETRIA, para uso do pré-processador da análise primária. Sendo gerado pela rotina GRAGEO, este arquivo contém um registro de índices, contendo a ordem no arquivo do registro inicial de cada estrutura e a seguir os registros com as estruturas de dados, gravados continuamente. Cada estrutura de dados inicia em um novo registro e utiliza tantos registros quantos forem necessários. Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE13

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 30 palavras

Blocksize = 450 palavras

Áreas = 6, Flexible

Area size = 100 registros

Acesso sequencial na saída e direto na entrada.

O formato dos registros é o seguinte:

#### Registro 1

<u>palavra</u>	<u>índice para</u>	<u>palavra</u>	<u>índice para</u>
1	BEIXOX	6	BPISO
2	BEIXOY	7	BCLAPI
3	BPILAR	8	BSECAO
4	BVIGA	9	EIXOX
5	BLAJE	10	EIXOY

<u>palavra</u>	<u>índice para</u>	<u>palavra</u>	<u>índice para</u>
11	VIGAS	16	PISOS
12	IVIGAC	17	CLAPI
13	VIGAC	18	CLAPIN
14	PILAR	19	SECAO
15	LAJES	20	FATS2
		21-30	livre

#### Registro 2 em diante

Blocos de 30 palavras contendo as estruturas acima, iniciando cada estrutura em um novo registro. Para uma estrutura de  $m$  palavras, o número de registros ocupados é

$$n = \text{int}(m/30) + 1.$$

Por exemplo, para  $m = 100$ ,  $n = 4$ .

#### 3.8.2.2 - Arquivo FILE14 - dados de cargas

Este arquivo contém os dados do módulo de CARGAS, além das reações em vigas primárias obtidas na análise secundária. É gerado pela rotina GRACAR, e contém inicialmente um registro de índices com a ordem, no arquivo, do registro inicial de cada estrutura de dados. A seguir são gravados os registros com as estruturas de dados.

Os registros com o array CAEXTR são regravados após a análise secundária, contendo apenas as cargas e reações nas vigas primárias.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE14

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 30 palavras

Blocksize = 450 palavras

Areas = 12, Flexible

Areasize = 100 registros

Acesso seqüencial na gravação e direto na leitura.

O formato dos registros é dado a seguir:

#### Registro 1

<u>palavra</u>	<u>índice para</u>
1	CARVIG
2	CARLAJ

<u>palavra</u>	<u>Índice para</u>
3	GAMEC
4	CARHOR
5	ICALAJ
6	ICAVIG
7	CAEXTR
8-30	livre

### Registro 2 em diante

Blocos de 30 palavras contendo as estruturas acima, iniciando cada uma em um novo registro. O número de registros ocupados é dado em 3.8.2.1.

### 3.8.3 - Arquivos de Resultados

Os resultados obtidos na Etapa de Análise e na Etapa de Dimensionamento são gravados diretamente nos arquivos de resultados. A chave física de acesso a cada registro é dada por uma função específica para cada arquivo.

Os arquivos são lidos pelas rotinas de impressão e de dimensionamento.

#### 3.8.3.1 - Arquivo FILE15 - esforços em lajes

Neste arquivo são gravados os registros com os esforços de lajes, a partir da análise secundária.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE15

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 24 palavras

Blocksize = 360 palavras

Areas = 12, Flexible

Areasize = 100 registros

Acesso direto na gravação e na leitura.

O formato de cada registro é:

1	2	3	4	5	6	11	12	17	18	19	24			
LAJE	CP	EC	$M_x$	$M_y$	$M_1$	...	$M_6$	$R_4$	...	$R_6$	F	$F_{c1}$	...	$F_{c6}$

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número da laje
2	classe de piso
3	estado de carga (ver 2.3.1.g)
4	momento fletor máximo na direção X
5	momento fletor máximo na direção Y
6 a 11	momento fletor nas bordas 1 a 6
12 a 17	reação das bordas 1 a 6
18	flecha (deformação vertical) máxima
19 a 24	força de canto nos cantos 1 a 6.

A chave física de acesso aos registros é calculada pela função

$$f_{15}(I, J, K) = (K - 1) * NL * NCPI + (J - I) * NL + I$$

onde I: número da laje

J: número da classe de piso

K: número do estado de carga.

### 3.8.3.2 - Arquivo FILE16 - esforços em vigas

É formado por registros contendo os esforços em vigas, obtidos na análise secundária e na análise primária.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE16

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 64 palavras

Blocksize = 960 palavras

Areas = 24, Flexible

Areasize = 500 registros

Acesso direto na gravação e na leitura.

Os registros possuem tamanho variável que depende do número de seções de cálculo (N).

1	2	3	4	5	6	7		3n+2	3n+3	3n+4
VIGA	P	EC	N	M <sub>1</sub>	Q <sub>e1</sub>	Q <sub>d1</sub>	..	M <sub>n</sub>	Q <sub>en</sub>	Q <sub>dn</sub>

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número da viga
2	número do piso
3	número do estado de carga (ver 2.3.1.g)
4	número de seções de cálculo (mãx=20)
5	momento fletor na seção 1
6	força cortante ã esquerda na seção 1
7	força cortante ã direita na seção 2
...	...
3n+2	momento fletor na seção n
3n+3	força cortante ã esquerda na seção n
3n+4	força cortante ã direita na seção n

A chave física é calculada por

$$f_{16}(I,J,K) = (K - 1) * NV * NPI + (J - 1) * NV + I$$

onde I: número da viga

J: número do piso

K: número do estado de carga

### 3.8.3.3 - Arquivo FILE17 - esforços em pilares

Este arquivo contém os esforços em pilares, obtidos na análise primária, gravados em um registro por pilar.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE17

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 10 palavras

Blocksize = 150 palavras

Areas = 16, Flexible

Areasize = 1000 registros

Acesso direto na gravação e na leitura.

Os registros de tamanho fixo, obedecem ao formato abaixo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PILAR	PISO	EC	N	M <sub>xs</sub>	M <sub>xi</sub>	M <sub>ys</sub>	M <sub>yi</sub>	Q <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número do pilar
2	número do piso
3	número do estado de carga (ver 2.3.1.9)
4	força normal
5	momento fletor na direção X, superior
6	momento fletor na direção X, inferior
7	momento fletor na direção Y, superior
8	momento fletor na direção Y, inferior
9	força cortante na direção X
10	força cortante na direção Y

A chave física de acesso aos registros é calculada por:

$$f_{17}(I,J,K) = (K - 1) * NP * NPI + (J - 1) * NP + I$$

onde I: número do pilar

J: número do piso

K: número do estado de carga

#### 3.8.3.4 - Arquivo FILE18 - armaduras em lajes

São gravados neste arquivo as armaduras e as solicitações de cálculo em lajes determinadas na Etapa de Dimensionamento, em um registro por laje.

O arquivo tem os seguintes atributos:

Title = PROADE/DATA/FILE18

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 32 palavras

Blocksize = 480 palavras

Areas = 12, Flexible

Areasize = 1000 registros

Acesso direto na leitura e gravação.

Os registros tem tamanho fixo, com o formato que segue:

1	2	3	4	5	10	11	16			
LAJE	CP	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>1</sub>	...	M <sub>6</sub>	F <sub>1</sub>	...	F <sub>6</sub>	→



	17	18	19	20	21	22		31	32
→	A <sub>sx</sub>	A <sub>sy</sub>	A <sub>sx'</sub>	A <sub>sy'</sub>	A <sub>s1</sub>	A <sub>s1'</sub>	...	A <sub>s6</sub>	A <sub>s6'</sub>

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
1	número da laje
2	classe de piso
3	momento de cálculo na direção X
4	momento de cálculo na direção Y
5-10	momento de cálculo nas bordas 1 a 6
11-16	força de canto de cálculo nos cantos 1 a 6
17	armadura principal na direção X
18	armadura principal na direção Y
19	armadura comprimida na direção X
20	armadura comprimida na direção Y
21	armadura principal na borda 1
22	armadura comprimida na borda 1
23-32	armadura principal e comprimida nas bordas 2 a 6.

A chave física de acesso é calculada por:

$$f_{18}(I,J) = (J - 1) * NL + I$$

onde I: número da laje

J: número da classe de piso

### 3.8.3.5 - Arquivo FILE19 - armaduras em vigas

Este arquivo é formado por registros com as solicitações de cálculo e as armaduras em vigas, armazenadas em 2 registros por viga.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE19

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 84 palavras

Blocksize = 840 palavras

Areas = 60, Flexible

Areasize = 200 registros

Acesso seqüencial na saída e direto na entrada.

A cada viga correspondem 2 registros, com o formato abaixo:

Registro i

1	2	3	4	5	6	7		80	81	82	83	84
VIGA	PISO	N	$M_1$	$M_1'$	$Q_{e1}$	$Q_{d1}$	...	$M_n$	$M_n'$	$Q_{en}$	$Q_{dn}$	

palavra

informação

1	número da viga
2	número do piso
3	número de seções (máx=20)
4	momento positivo máximo na seção 1
5	momento negativo máximo na seção 1
6	força cortante à esquerda máxima na seção 1
7	força cortante à direita máxima na seção 1
8-83	solicitações nas seções 2 a 20
84	livre.

Registro i+1

1	2	3	4	5	6	7		80	81	82	83	84
VIGA	PISO	M	$A_{s1}$	$A'_{s1}$	$A_{swe1}$	$A_{swd1}$	...	$A_{sn}$	$A'_{sn}$	$A_{swen}$	$A_{swdn}$	

palavra

informação

1	número da viga
2	número do piso
3	número de seções (máx=20)
4	armadura inferior na seção 1
5	armadura superior na seção 1
6	armadura transversal à esquerda na seção 1
7	armadura transversal à direita na seção 1
8-83	armaduras nas seções 2 a 20
84	livre.

A chave física é calculada por:

$$f_{19}(I,J) = ((J - 1) * NV + I) * 2 - IOFF$$

onde I: número da viga

J: número do piso

IOFF: 1 para o registro i

0 para o registro i+1

### 3.8.3.6 - Arquivo FILE20 - armaduras em pilares

Contêm os registros que armazenam as armaduras em pilares, um registro por pilar.

Os atributos do arquivo são:

Title = PROADE/DATA/FILE20

Kind = DISK ou PACK

Maxrecsize = 12 palavras

Blocksize = 180 palavras

Areas = 16, Flexible

Areasize = 1000 registros

Cada registro tem o tamanho abaixo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PILAR	PISO	N <sub>max</sub>	N <sub>min</sub>	M	Q <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>	A <sub>s1</sub>	A <sub>s2</sub>	A <sub>s3</sub>	A <sub>s4</sub>	A <sub>sw</sub>

palavra

informação

1

número do pilar

2

número do piso

3

força normal de cálculo máximo

4

força normal de cálculo mínimo

5

momento fletor de cálculo

6

força cortante de cálculo na direção X

7

força cortante de cálculo na direção Y

8

armadura na face 1

9

armadura na face 2

10

armadura na face 3

<u>palavra</u>	<u>informação</u>
11	armadura na face 4
12	armadura transversal.

A chave física de acesso aos registros é dada por:

$$f_{20}(I,J) = (J - 1) * NP + I$$

onde I: número do pilar

J: número do piso.

## 4. LINGUAGENS DE COMANDOS

### 4.1 - Descrição da Sintaxe

A definição e descrição de uma linguagem é denominada a sintaxe da linguagem. As linguagens orientadas ao problema, como o PROADE, são formadas por comandos. Um programa escrito na linguagem é, portanto, um conjunto de comandos. A descrição de uma linguagem é, em última forma, a descrição individual de cada comando e da forma como eles são agrupados para formar o programa.

Os comandos da linguagem podem ser descritos de várias formas, porém duas são preferíveis: os diagramas de sintaxe e a forma de Backus-Naur (BNF)<sup>5</sup>. Os diagramas de sintaxe têm a vantagem de permitir uma visualização total do comando, com suas diversas opções, além de tornarem as consultas mais rápidas durante a codificação do programa da linguagem.

A forma de Backus-Naur fornece uma descrição precisa e exata da linguagem, através de equações sintáticas, embora a sintaxe completa de um comando só pode ser obtida após a substituição de todas as variáveis sintáticas na equação principal.

Na descrição dos comandos da linguagem PROADE, serão empregados os diagramas sintáticos, associados à forma de Backus-Naur para descrever os componentes da linguagem.

### 4.2 - Forma de Backus-Naur (BNF)

A forma de Backus-Naur emprega símbolos metalingüísticos com os seguintes significados:

< > colchetes quebrados, usados para delimitar um ou mais caracteres, representando uma variável metalingüística cuja definição é dada por uma equação metalingüística.

::= este símbolo significa "é definida como" e separa a variável metalingüística à esquerda de sua definição à direita.

- | o símbolo significa "ou", separando definições alternativas de uma variável metalingüística.
- { } as chaves envolvem descrição em português de variáveis metalingüísticas impossíveis de serem descritas de outra forma.

Os símbolos são empregados para produzir uma equação metalingüística. Esta equação é uma regra que produz uma sequência sintaticamente correta. Qualquer caractere na expressão, que não seja um dos símbolos acima descritos, representa o próprio caractere. A justaposição de símbolos ou de variáveis metalingüísticas em uma expressão denota a justaposição desses elementos na construção indicada.

Muitas vezes a definição é recursiva e, neste caso, deve-se procurar a definição mais elementar como ponto de partida.

#### 4.3 - Componentes da Linguagem

Na descrição dos componentes da linguagem empregamos a forma de Backus-Naur. Os componentes aqui descritos são usados posteriormente na descrição dos comandos.

Seguem as equações metalingüísticas que definem os componentes da linguagem PROADE.

##### 4.3.1 - Sintaxe

```

<componentes da linguagem> ::= <palavra-chave> |
                                <número> |
                                <string> |
                                <lista>

<palavra-chave> ::= {elemento da lista de palavras-chave}
<número> ::= <sinal> <número sem sinal>
<sinal> ::= <vazio> | + | -
<vazio> ::= {o conjunto nulo de caracteres}
<número sem sinal> ::= <número decimal> |
                                <expoente> |
                                <número decimal><expoente>

```

```

<número decimal> ::= <inteiro sem sinal>|
                    <fração decimal>|
                    <inteiro sem sinal><fração decimal>|
                    <inteiro sem sinal>

<inteiro sem sinal> ::= <dígito>|
                       <inteiro sem sinal><dígito>

<fração decimal> ::= .<inteiro sem sinal>

<dígito> ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

<expoente> ::= @ <inteiro>
              E <inteiro>

<inteiro> ::= <sinal><inteiro sem sinal>

<in> ::= <inteiro sem sinal>

<rn> ::= <número>

<string> ::= "<string EBCDIC>"|
            '<string EBCDIC>'

<string EBCDIC> ::= <letra><string EBCDIC>|
                   <dígito><string EBCDIC>|
                   <caractere especial><string EBCDIC>

<letra> ::= A|B|C|D|E|F|G|H|I|J|K|L|M|N|O|P|Q|R|S|T|U|V|W|X|Y|Z

<caractere especial> ::= .|,|[ ]|[ ( ) ]|+|-|/|<|>|=|%|&|*|@|#|:|;|
                        $|"|'/?|_|

<lista> ::= <lista primária>|
           <lista primária><lista menos>

<lista primária> ::= <lista básica>

<lista básica> ::= <TODOS>|
                  <número de item>|
                  <número de item><lista básica>|
                  <número de item inicial> ATÉ <número de item
                                                                final>|
                  <número de item inicial> ATÉ <número de item
                                                                final>
                    CADA <incremento>

```





```

<número decimal> : 4.52
                  10000
                  2.1@6
                  3E-8
                  .35
                  2.

<inteiro>: -3211
           497
           0

<inteiro sem sinal> : 1
                    9
                    32

<string> : "EXEMPLO NO. 1"
           "EDIFICIO 'MEGATERIO'"
           'ANDAR TIPO DA TORRE'
           'PISO "LOJAS MODELO"'

<lista> : 1
          4 9 38 12 43
          5 ATE 18
          1 9 7 17 25 ATE 40 45 32 50
          2 ATE 30 CADA 2 MENOS 16 18 24
          9 ATE 18 MENOS 12 ATE 16 CADA 2
          TODOS

```

#### 4.4 - Diagramas de Sintaxe

Os diagramas de sintaxe são utilizados para descrever graficamente a sintaxe dos comandos permitindo visualizar com toda a clareza as opções e alternativas na construção de um comando.

Os diagramas de sintaxe empregam os seguintes elementos:

- a. palavras-chave - são palavras escritas com maiúsculas, com significado próprio dentro da sintaxe. Identificam os comandos e as opções dos comandos. Apenas os 4 primeiros caracteres são reconhecidos pelo sistema. Ex.: TITULO, VIGAS, GFEQ.
- b. variáveis sintáticas - são elementos da linguagem, definidos

através de equações metalingüísticas. Ao se escrever o comando, as variáveis sintáticas devem ser substituídas pelos dados correspondentes. Ex.:

<vigas> indica uma lista de número de vigas  
 <i<sub>1</sub>> indica um número inteiro sem sinal  
 <r<sub>5</sub>> indica um número decimal

c. caminhos sintáticos - são linhas que indicam a seqüência dos elementos sintáticos, na construção do comando. O final da linha possui uma seta, indicando o sentido da construção. Ex.:

TITULO → <string>


O caminho sintático → indica que após a palavra-chave TITULO deve vir um <string>, exatamente nesta ordem.

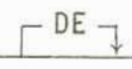
d. fim de comando - o final do comando é indicado por uma linha com uma seta, terminando por uma barra vertical. Ex.:

MUDAR → |  
 A linha → | indica o final do comando.

e. caminho opcional - é um caminho sintático, com ou sem outros elementos, indicando uma redução ou adição na construção sintática, sem alterar o significado do comando. Ex.:

ETAPA → DE → GEOMETRIA

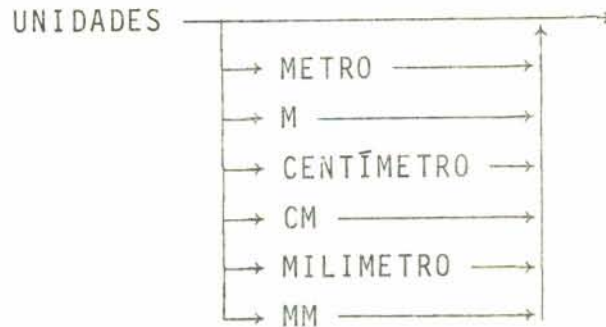
A linha  indica uma redução na construção do comando, simplificando-o sem alterar o seu significado. Este comando também poderia ser escrito da seguinte forma:

ETAPA  GEOMETRIA

Aqui, o caminho opcional estabelece um acréscimo ao comando, mantendo inalterado seu significado.

f. caminhos alternativos - são caminhos, entre os quais é necessário fazer-se uma escolha para prosseguir na construção do comando. Os caminhos alternativos indicam alternativas de construção. Muitas vezes um dos caminhos alternativos é vazio. Neste caso, se uma das demais alternativas estiver sublinhada, então essa alternativa será considerada, se for tomado o caminho

vazio. Isto equivale a dizer que essa alternativa é o *default* da construção. Ex.: Parte do comando UNIDADES

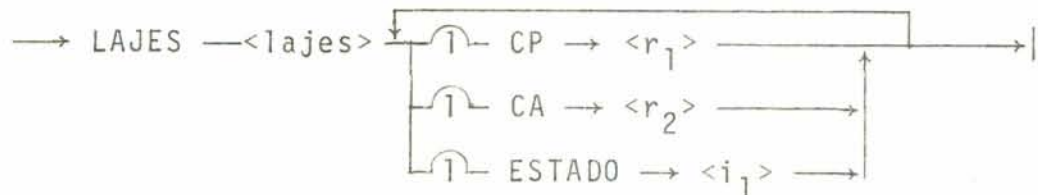


Neste exemplo, as alternativas possíveis são:

UNIDADES...  
 UNIDADES METRO...  
 UNIDADES M ...  
 UNIDADES CENTIMETRO...  
 UNIDADES CM...  
 UNIDADES MILIMETRO...  
 UNIDADES MM...

g. repetição - é um caminho de retorno, possibilitando usar novamente parte da definição sintática.

h. ponte - consiste em um semicírculo no caminho sintático, sobre um número que indica o número máximo de vezes que é possível passar por esse caminho. Ex.: comando adicional do comando CARREGAMENTOS

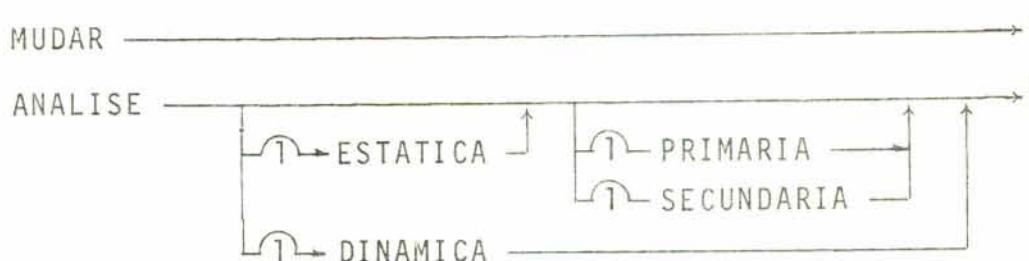


Observe-se neste exemplo o uso de pontes  $\overbrace{\quad}^n$ , de caminhos alternativos e de repetição  $\downarrow \overline{\quad} \uparrow$ . O número 1 sob a ponte significa que só é possível passar uma vez pelo comando em cujo caminho está a ponte.

Os comandos podem ser classificados em:

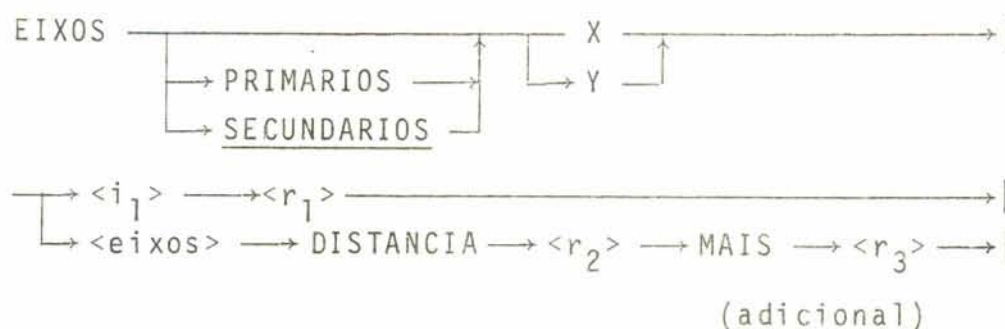
a. comandos simples - o comando é escrito em um registro do ar-

quivo de entrada, ou de vários registros se houver continuação.  
Ex.:



b. comandos múltiplos - são comandos formados por vários comandos dependentes. O primeiro comando da definição é denominado comando-mestre e os demais comandos adicionais. Cada grupo de comandos adicionais é precedido por um comando mestre. Alguns comandos, como LOCALIZAÇÃO e PROPRIEDADES, possuem também comandos sub-mestres, que precedem sub-grupos de comandos adicionais. O diagrama dos comandos adicionais e sub-mestres é iniciado sempre por  $\longrightarrow$ .

Cada comando, seja ele mestre, sub-mestre ou adicional deve ser escrito em um novo registro do arquivo de entrada, podendo ter continuação. O fim do comando múltiplo é detectado pelo sistema quando é encontrado um comando simples ou novo comando mestre. Ex.:



Cada comando é escrito em um registro do arquivo de entrada, com duas exceções:

a. Se um registro não for suficiente para escrever o comando, utiliza-se o caractere \$ (dólar) no final dos registros a continuar. Ex.:

LIMITES EIXOS X 10 EIXOS Y 15 \$  
 PISOS 20 CLASSE PISOS 5 VIGAS 50 \$  
 LAJES 30

Os 3 registros acima são tratados como se fossem um só.

b. É possível escrever vários comandos em um mesmo registro do arquivo de entrada, separando-os por ; (ponto-e-vírgula). Ex.:

TITULO 'EXEMPLO'; LIMITES PISOS 50; UNIDADES CM

Os 3 comandos escritos acima são tratados separadamente, como se fossem escritos em registros diferentes.

É possível também introduzir comentários ao programa, escrevendo esses comentários após qualquer comando, precedidos por um caractere % (porcentagem). Também é possível escrever apenas comentários em um registro, iniciando o registro com %. Ex.:

TITULO 'EXEMPLO' % ISTO E UM COMENTARIO  
 % COMENTARIO ISOLADO EM UM REGISTRO

#### 4.5 - Estrutura de um Programa PROADE

O programa PROADE é formado por comandos, classificados em comandos globais e comandos locais. Os comandos globais podem ser usados em qualquer etapa de um programa PROADE, enquanto que os comandos locais só devem ser empregados em sua etapa de definição. Ao se escrever um programa PROADE, deve-se manter a seguinte seqüência e estrutura:

Comandos globais (opcionais)  
 Comando ETAPA GEOMETRICA  
 Comandos locais de geometria  
 Comandos globais (opcionais)  
 Comando ETAPA DE CARGAS  
 Comandos locais de cargas  
 Comandos globais (opcionais)  
 Comando ETAPA DE ANALISE  
 Comandos locais de análise

Comandos globais (opcionais)  
 Comando ETAPA DE DIMENSIONAMENTO  
 Comandos locais de dimensionamento  
 Comandos globais (opcionais)

#### 4.6 - Comandos Globais

São comandos cujo uso não é obrigatório. Na sua falta, uma série de valores-padrões e ações-padrões serão tomados.

##### 4.6.1 - Comando FIM

###### 4.6.1.1 - Sintaxe

FIM  $\longrightarrow$

###### 4.6.1.2 - Semântica

O comando FIM termina a execução do programa PROADE. São impressas as estatísticas da execução, contendo data, hora, número de cartões lidos, número de erros, tempos de processamento, entrada e saída, análise, dimensionamento e tempo total de execução.

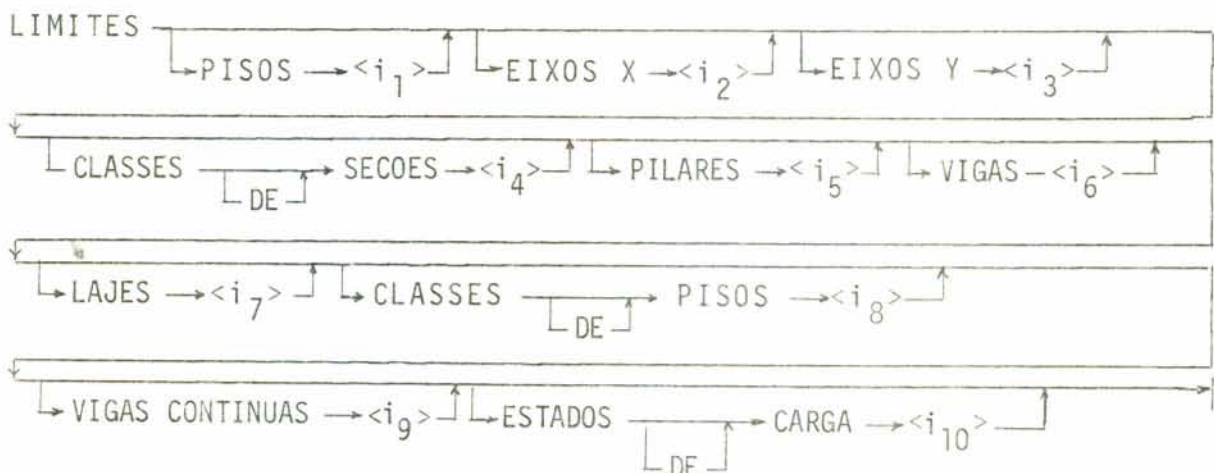
Qualquer comando após o comando FIM pertence a um novo programa PROADE.

###### 4.6.1.3 - Exemplo

FIM

##### 4.6.2 - Comando LIMITES

###### 4.6.2.1 - Sintaxe



#### 4.6.2.2 - Semântica

O comando LIMITES é empregado para alterar os limites-padrões do sistema. Esses limites permitem a definição de elementos estruturais em número igual ou inferior ao valor do limite correspondente.

#### 4.6.2.3 - Pragmática

O comando LIMITES deve ser usado sempre antes do primeiro comando ETAPA. Vários comandos LIMITES podem ser usados. Quando o comando não for empregado, são utilizados os limites-padrões dos sistemas, abaixo listados. Em instalações com pouca disponibilidade de memória principal, pode ser aconselhável diminuir o limite para os elementos definidos em número inferior aos limites-padrões.

<u>Elementos</u>	<u>Limites-padrões</u>
EIXOS X	10
EIXOS Y	10
PISOS	15
CLASSES DE PISOS	3
PILARES	60 por piso
VIGAS	60 por classe de piso
LAJES	30 por classe de piso
VIGAS CONTINUAS	15 por classe de piso
CLASSES DE SEÇÕES	10
ESTADOS DE CARGA	5 (estados de cargas extras)

#### 4.6.2.4 - Exemplos

```
LIMITES PISOS 30 EIXOS Y 4 CLASSES DE PISOS 5
LIMITES PILARES 80 VIGA 75 LAJES 40
```

#### 4.6.3 - Comando LISTAR/NÃO LISTAR

##### 4.6.3.1 - Sintaxe

```
LISTAR → <lista de opções> →
NAO LISTAR ↙
```

<lista de opções> ::= {inteiro entre 1 e 48} <lista de opções>

## 4.6.3.2 - Semântica

O comando LISTAR liga e o comando NÃO LISTAR desliga as opções dos sistemas especificados na <lista de opções>. O estado inicial das opções é desligado. Estas opções podem ser testadas internamente por qualquer rotina, com a finalidade de controle. As opções do sistema são as seguintes:

<u>Opção</u>	<u>Condição</u>
1	Listar alocações no common/BLOC03/
2	Imprimir diretórios de disco
3	
4	
5	
6	
7	
8	

## 4.6.3.3 - Exemplos

```
LISTAR 1 2 5 9
LISTAR 1 ATE 5
LISTAR 4 ATE 20 MENOS 7 11
```

## 4.6.4 - Comando MUDAR/NÃO MUDAR

## 4.6.4.1 - Sintaxe

```
MUDAR ----->
NÃO MUDAR  └──┘
```

## 4.6.4.2 - Semântica

O comando MUDAR permite a alteração de dados já informados, sem o qual seria emitido um erro de sintaxe. O comando NÃO MUDAR restaura a impossibilidade de alterar dados já fornecidos sem erro de sintaxe. Podem ser empregados em qualquer etapa.

## 4.6.4.3 - Exemplos

```
MUDAR
NÃO MUDAR
```



#### 4.6.5 - Comando TITULO

##### 4.6.5.1 - Sintaxe

TITULO → <string> →

##### 4.6.5.2 - Semântica

O comando TITULO estabelece o título do programa, que será empregado nos relatórios de saída.

<string> não pode ter mais de 70 caracteres.

##### 4.6.5.3 - Pragmática

Se o comando não for usado, o programa ficará sem título, sendo empregado um string de 70 espaços em branco.

##### 4.6.5.4 - Exemplos

TITULO 'ANALISE DA TORRE'  
TITULO 'EDIFICIO COM 50 ANDARES'

#### 4.6.6 - Comando UNIDADES

##### 4.6.6.1 - Sintaxe

UNIDADES



##### 4.6.6.2 - Semântica

O comando UNIDADES altera as unidades-padrões do sis-

tema. As grandezas do sistema são: comprimento, força, pressão e tempo.

Após o comando UNIDADES, que pode ser empregado em qualquer etapa, todos os valores informados pelos comandos que o seguem, devem ser expressos nas unidades em vigor. A unidade em vigor para cada grandeza é a unidade-padrão ou a unidade informada no comando UNIDADES, que altera a unidade-padrão.

As unidades-padrões do sistema são as seguintes:

comprimento - metro (m)  
 força - quilonewton (kN)  
 pressão - megapascal (MPa)  
 tempo - segundo (s)

A conversão entre quilogramas-força e newton usa a expressão

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$$

É importante observar que, embora não sejam as unidades padrões, o armazenamento interno é feito em metro, newton e pascal, para homogeneidade das equações.

#### 4.6.6.3 - Exemplos

UNIDADES M KN MPA  
 UNIDADES CENTIMETRO TONELADA SEGUNDO

### 4.7 - Comandos de Geometria

Esses comandos são usados na Etapa de Geometria, para descrever a geometria do edifício. Esta deve ser a primeira etapa do programa e só pode ser executada uma vez.

#### 4.7.1 - Comando CLASSE DE PISOS

##### 4.7.1.1 - Sintaxe

CLASSE ——— DE ——— PISOS —————  
 ———<i<sub>1</sub>>————— PISOS ———<pisos>—————<nome>—————

<i<sub>1</sub>> ::= {número da classe de pisos}

<nome> ::= {<string> com até 40 caracteres}

## 4.7.1.2 - Semântica

Este comando agrupa um conjunto de números de pisos sob um número de classe de pisos, definindo também um nome para essa classe de pisos. Cada cartão adicional define uma nova classe de pisos.

## 4.7.1.3 - Exemplos

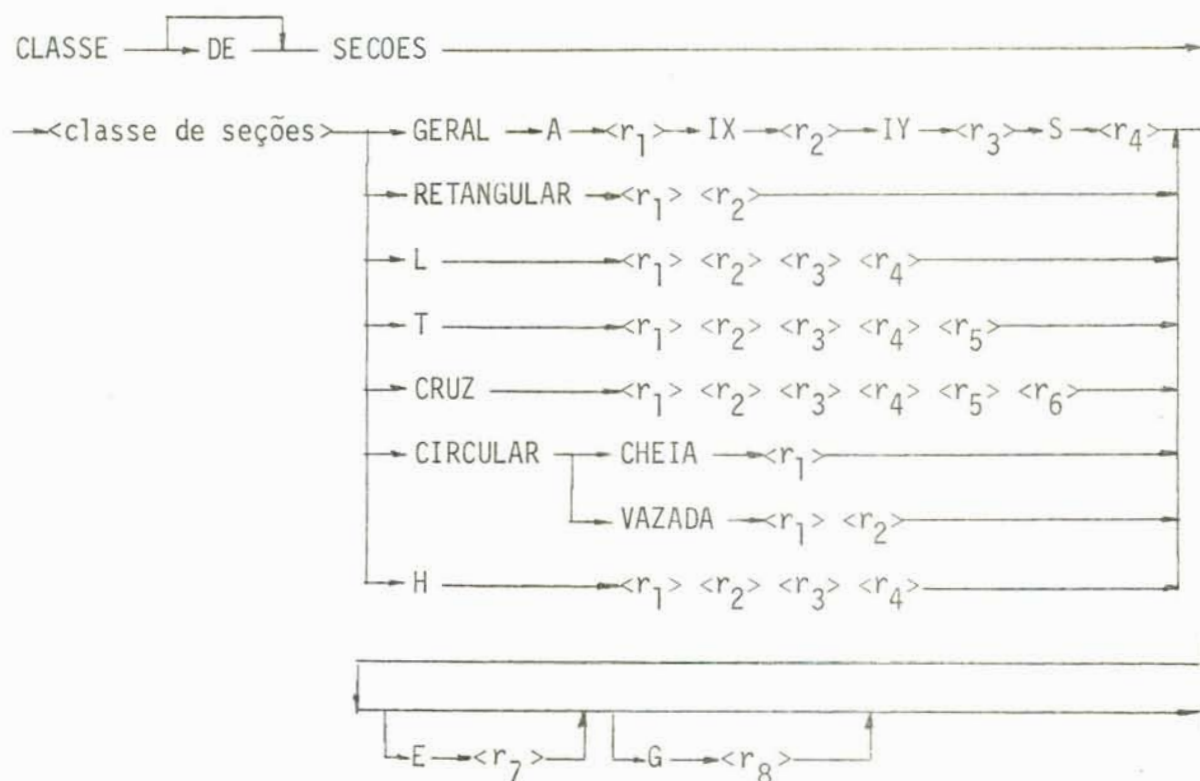
```

CLASSE DE PISOS
1 PISOS 24 25 'SUBSOLOS'
2 PISOS 20 ATE 23 'LOJAS'
3 PISOS 1 ATE 19 'TORRE'

```

## 4.7.2 - Comando CLASSE DE SEÇÕES

## 4.7.2.1 - Sintaxe



## 4.7.2.2 - Semântica

Este comando cria classes de seções, definindo as propriedades geométricas e mecânicas de seções transversais. Uma classe de seção identifica um determinado conjunto de propriedades. Uma vez definida a classe de seção ela pode ser associada a pilares e vigas.

A lista de parâmetros  $r_1$  a  $r_6$  consiste em uma lista de valores correspondentes às dimensões da seção, fornecidas na ordem a a f, conforme a figura 4.1. Também podem ser especificadas, além dos perfis aceitos pelo sistema, seções genéricas, através das propriedades A (área da seção transversal), IX (momento de inércia na direção do eixo X da seção), IY (momento de inércia na direção do eixo Y da seção) e S (área de corte da seção).

O comando permite também definir o módulo de elasticidade E e o módulo de corte G.

#### 4.7.2.3 - Pragmática

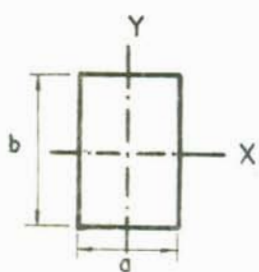
Se o módulo de elasticidade ou o módulo de corte não forem especificados, serão tomados para a seção os valores-padrões de E e G para o concreto, especificados no comando CONSTANTES ou, caso estes também não tenham sido especificados, serão tomados os valores-padrões do sistema:  $E = 2911 \text{ MPa}$  e  $G = 0.4 E$ .

É possível usar o comando para especificar apenas os valores de E e/ou G para a seção. Neste caso, as propriedades geométricas da seção devem ser especificadas em outro comando CLASSE DE SEÇÕES.

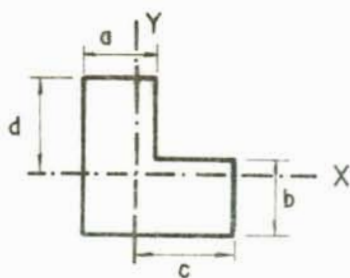
#### 4.7.2.4 - Exemplos

##### CLASSE DE SEÇÕES

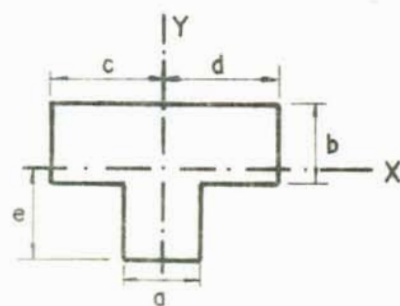
```
1 RETANGULAR 0.30 0.40 E 2100 G 800
2 CRUZ 0.10 0.20 0.40 0.40 0.45 0.35
3 RETANGULAR 0.35 0.40
4 CIRCULAR CHEIA 0.60
2 ATE 4 E 2400 G 900
```



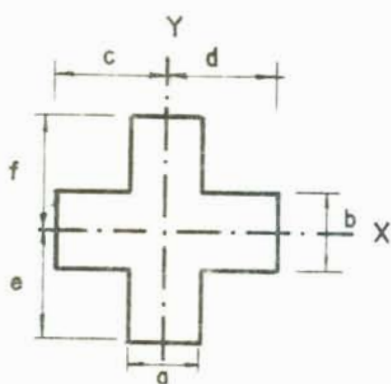
Seção RETANGULAR



Seção L



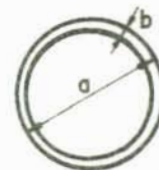
Seção T



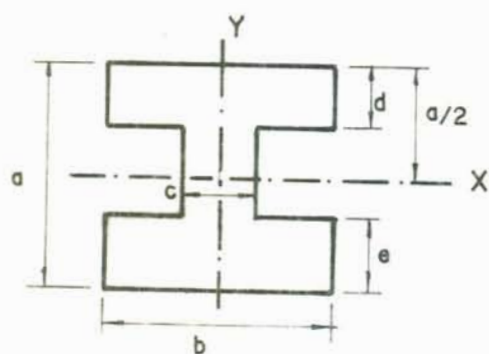
Seção CRUZ



Seção CIRCULAR CHEIA



Seção CIRCULAR VAZADA

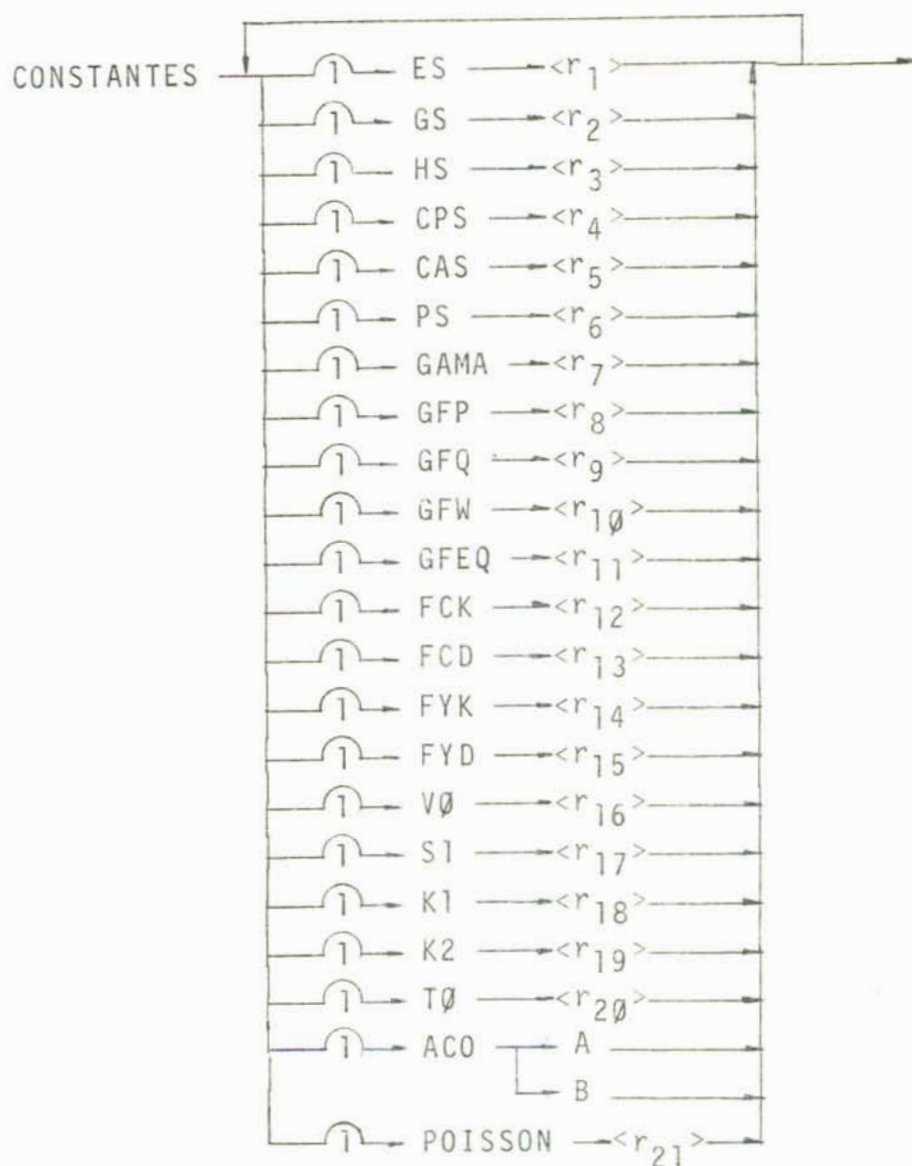


Seção H

Figura 4.1 - Classes de seções transversais

## 4.7.3 - Comando CONSTANTES

## 4.7.3.1 - Sintaxe



## 4.7.3.2 - Semântica

O comando CONSTANTES define valores para as constantes do sistema. Essas constantes são usadas em todo o sistema e podem ser definidas em qualquer parte da etapa geométrica. As constantes são valores escalares, isto é, não estão ligados a nenhum elemento estrutural, aplicando-se a todos os elementos em todos os pisos ou classes de pisos.

## 4.7.3.3 - Pragmática

Se alguma constante não for especificada no comando CONSTANTES, será empregado o valor-padrão correspondente a esta constante, gerado no início da execução do programa PROADE. Esses valores, bem como o significado de cada constante, estão listados a seguir.

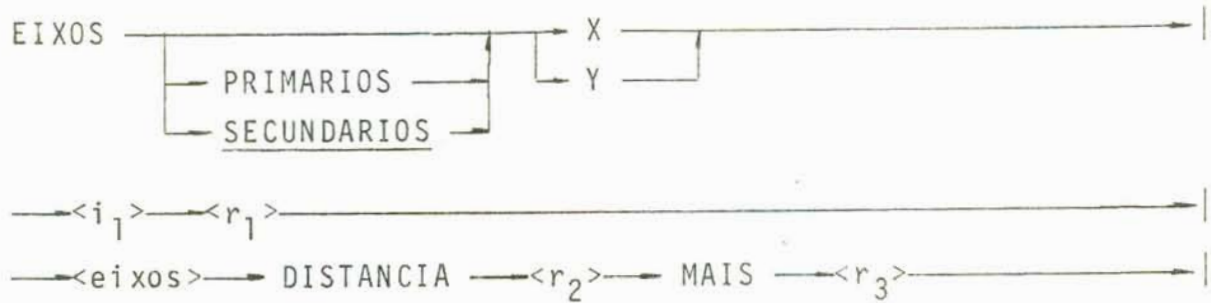
<u>Constante</u>	<u>Descrição</u>	<u>Valor-Padrão</u>
ES	Módulo de elasticidade do concreto	2911 MPa
GS	Módulo de corte do concreto	0,4 ES
HS	Espessura das lajes	0,1 m
CPS	Carga distribuída permanente em lajes	2,5 kN/m <sup>2</sup>
CAS	Carga distribuída acidental em lajes	2,0 kN/m <sup>2</sup>
PS	Carga distribuída em vigas	0 kN/m
GAMA	Peso específico do concreto	24,5 kN/m <sup>3</sup>
GFP	Fator de majoração de cargas de peso próprio	1,4
GFQ	Fator de majoração de cargas acidentais	1,4
GFW	Fator de majoração de cargas de vento	1,4
GFEQ	Fator de majoração de cargas de sismo	1,4
FCK	Resistência característica do concreto	15,3 MPa
FCD	Resistência de cálculo do concreto	FCK/1,4
FYK	Resistência característica do aço	509,7 MPa
FYD	Resistência de cálculo do aço	FYK/1,4
VØ	Velocidade básica do vento	45 m/s
S1	Fator topográfico	1,0
K1	Parâmetro do espectro de sismo	1,0
K2	Parâmetro do espectro de sismo	1,0
TØ	Parâmetro do espectro de sismo	0,5
ACO	Tipo de aço	B (deformado a frio)
POISSON	Módulo de Poisson	0,20

## 4.7.3.4 - Exemplos

CONSTANTES ES 3100 CAS 3.0 FCK 18 ACO A  
 CONSTANTES V0 40 S1 1.1

## 4.7.4 - Comando EIXOS

## 4.7.4.1 - Sintaxe



$\langle i_1 \rangle ::= \{\text{número do eixo}\}$

$\langle r_1 \rangle ::= \{\text{distância à origem dos eixos}\}$

$\langle r_2 \rangle ::= \{\text{distância à origem dos eixos do primeiro eixo da lista}\}$

$\langle r_3 \rangle ::= \{\text{incremento na distância, por eixo}\}$

## 4.7.4.2 - Semântica

EIXOS define o número dos eixos e sua distância em relação à origem. Após o comando mestre, seguem listas de especificação, simples ou múltiplas. Na lista simples, é informado apenas o número do eixo e sua distância à origem. Na lista múltipla, especifica-se uma lista de eixos, a distância do primeiro eixo da lista à origem e um incremento que vai sendo somado a esse valor para cada eixo, dando como resultado a distância à origem dos demais eixos, um a um.

## 4.7.4.3 - Pragmática

Quando não for especificado PRIMARIOS ou SECUNDARIOS, este último é assumido. Os eixos primários vão definir vigas primárias, pertencentes aos pórticos e os secundários vigas secundárias, não pertencentes aos pórticos. É possível definir eixos primários e secundários coincidentes, desde que se tenha a definir vigas secundárias no mesmo alinhamento de pórticos, mas que não pertencem a estes.



Deve ser usado um comando mestre para eixos X e outro para eixos Y. Para se obter benefício da numeração automática, nas listas múltiplas, é conveniente numerar consecutivamente os eixos, em ordem de distância à origem, a partir da origem.

#### 4.7.4.4 - Exemplos

##### EIXOS PRIMARIOS Y

1 3.50

2 9.30

3 ATE 8 DISTANCIA 13.00 MAIS 7.00

##### EIXOS X

1 ATE 10 DISTANCIA 5.00 MAIS 5.00

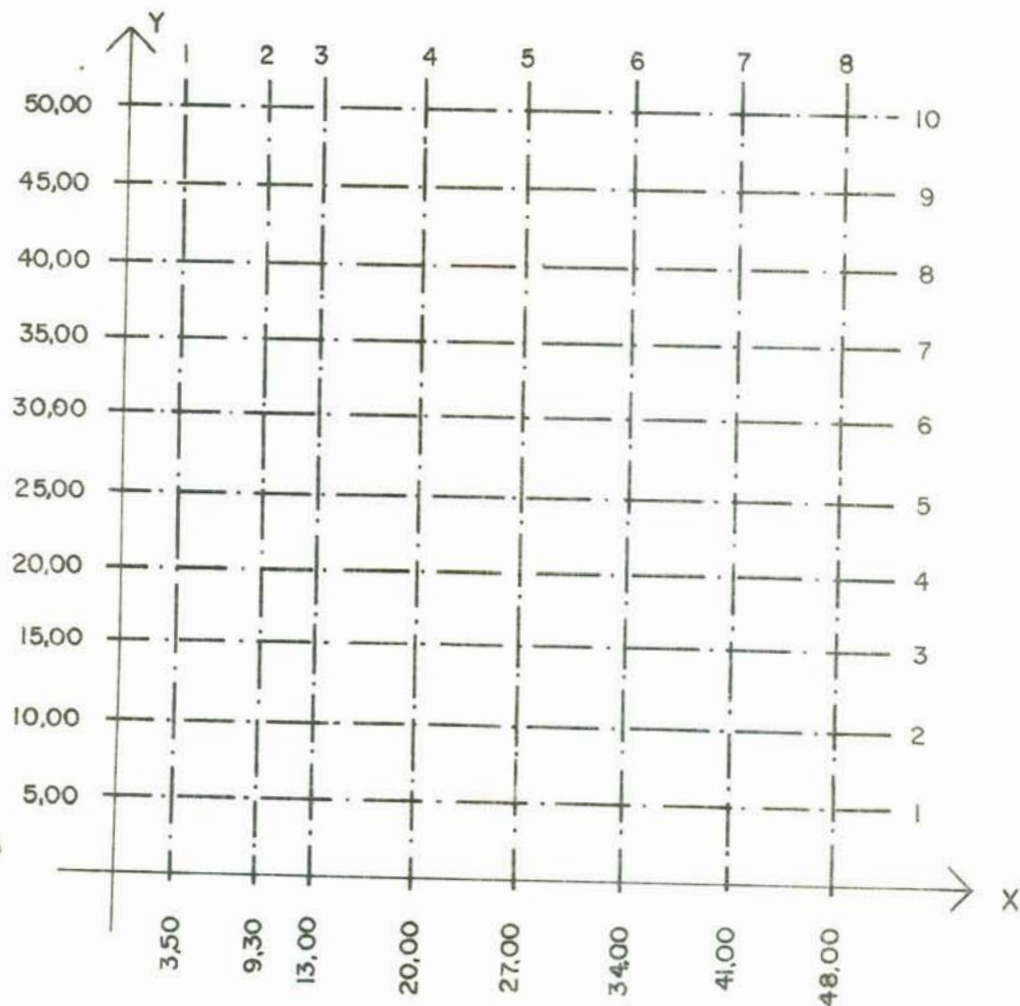


Figura 4.2 - Sistemas de eixos X e Y

#### 4.7.5 - Comando ELIMINAR

##### 4.7.5.1 - Sintaxe

```

ELIMINAR _____|
— PILARES —<pilares>— PISOS —<pisos>— _____|
— VIGAS —<vigas>— CLASSE — DE — PISOS —<classe de pisos>— _____|
— LAJES —<lajes>— CLASSE — DE — PISOS —<classe de pisos>— _____|
  
```

##### 4.7.5.2 - Semântica

O comando ELIMINAR retira da estrutura uma lista de elementos, que podem ser pilares, vigas ou lajes, pertencentes respectivamente a determinados pisos ou classe de pisos. Os comandos adicionais devem especificar os pilares e pisos ou lajes e vigas e classe de pisos, de forma a identificar os elementos a serem retirados.

##### 4.7.5.3 - Pragmática

Os elementos estruturais a serem eliminados devem ter sido previamente gerados na estrutura. Uma utilização típica do comando é mostrada no exemplo, quando se gera automaticamente uma malha e após se retiram elementos que não fazem parte da mesma.

##### 4.7.5.4 - Exemplos

Para gerar a malha da figura 4.3, inicialmente utiliza-se o comando LOCALIZAÇÃO e, a seguir, eliminam-se os pilares 13 e 18, que não fazem parte da estrutura.

```

LOCALIZAÇÃO PISO 1
PILARES 1 ATE 30 EIXOS X 1 ATE 6 *Y 1 ATÉ 5
ELIMINAR
PILARES 13 18 PISO 1
  
```

#### 4.7.6 - Comando ETAPA GEOMÉTRICA

##### 4.7.6.1 - Sintaxe

```

ETAPA — GEOMETRICA — _____|
      — DE GEOMETRIA — _____|
  
```

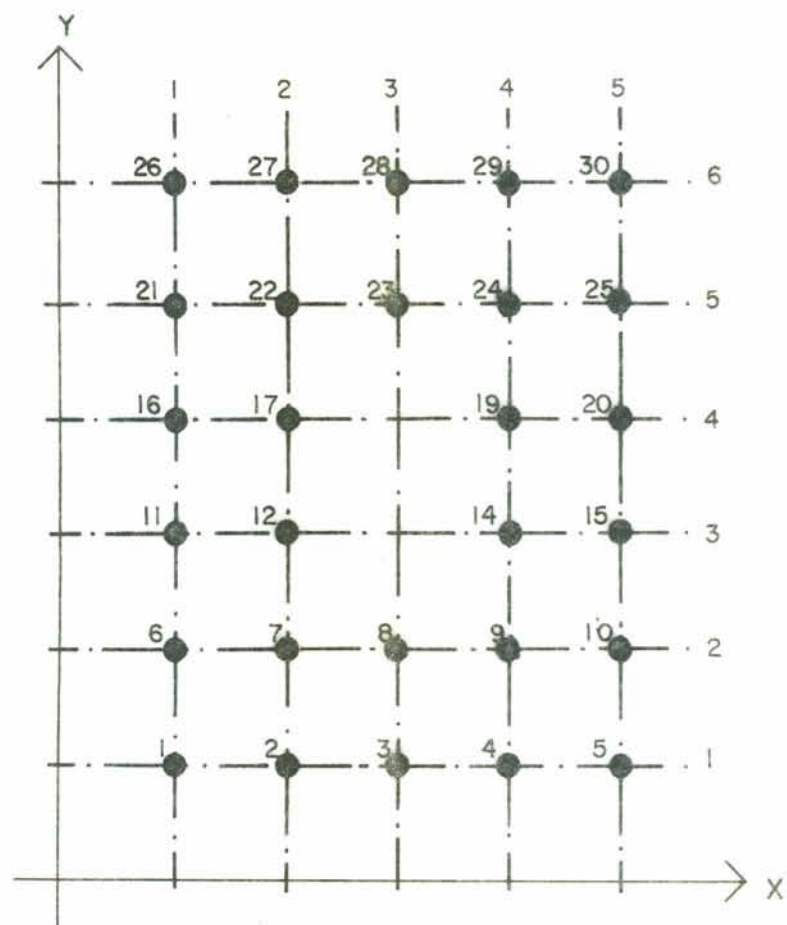


Figura 4.3 - Geração de pilares com uso de LOCALIZAÇÃO e ELIMINAR

#### 4.7.6.2 - Semântica

O comando ETAPA GEOMETRICA inicia a etapa do programa onde são definidas as propriedades geométricas do edifício. As duas opções do comando são idênticas e produzem o mesmo resultado.

#### 4.7.6.3 - Pragmática

O comando deve ser empregado apenas uma vez, antes de todos os comandos da etapa geométrica. Esses comandos, por sua vez, devem aparecer antes dos comandos das demais etapas. Após o comando ETAPA GEOMETRICA e antes do próximo comando ETAPA, só podem ser empregados comandos globais ou comandos de geometria.

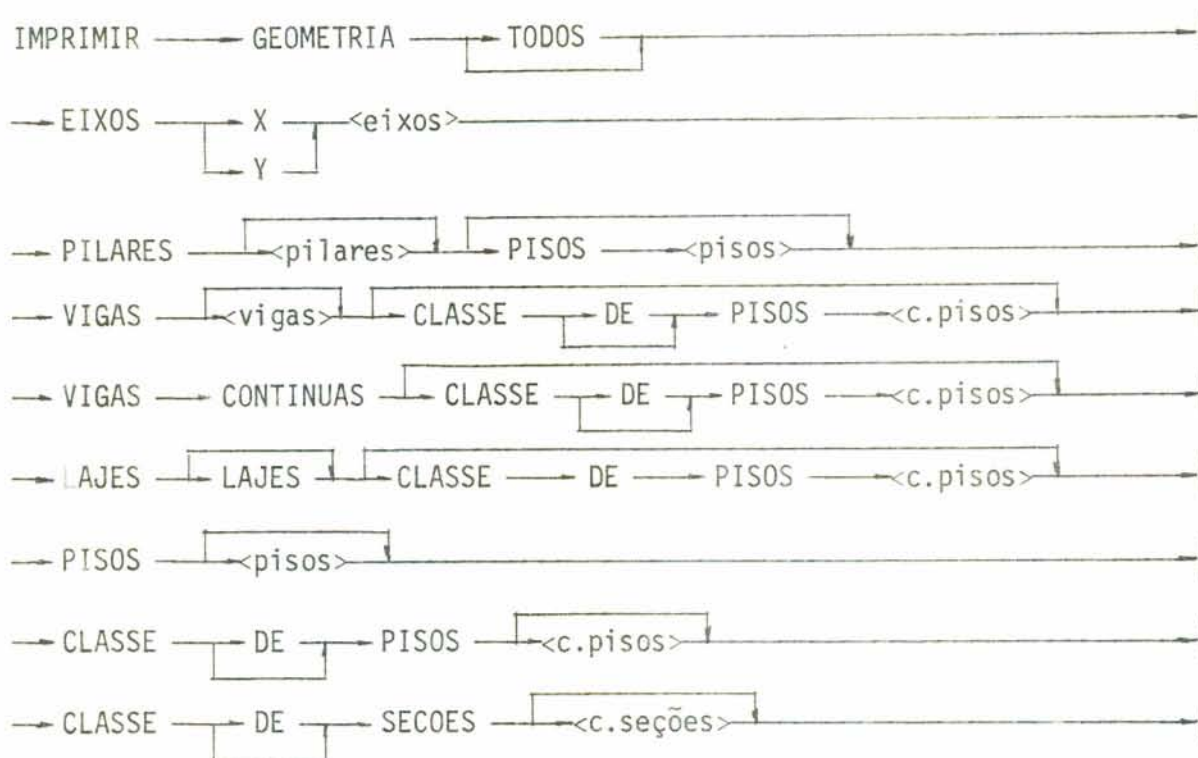
#### 4.7.6.4 - Exemplos

ETAPA GEOMETRICA

## ETAPA DE GEOMETRIA

## 4.7.7 - Comando IMPRIMIR GEOMETRIA

## 4.7.7.1 - Sintaxe



## 4.7.7.2 - Semântica

O comando permite a impressão de dados de geometria, seletivamente. Sua sintaxe permite duas formas de utilização: apenas o comando-mestre, com a opção TODOS, causando a impressão de todos os dados da etapa geométrica, ou o comando-mestre, sem a opção TODOS, seguido dos comandos adicionais, especificando os elementos estruturais dos quais é solicitada a impressão.

Os comandos adicionais permitem as seguintes especificações:

- EIXOS X e EIXOS Y, seguidas ou não de lista de eixos.
- PILARES, seguida ou não de lista de pisos, com especificação opcional de pisos.
- VIGAS, seguida ou não de lista de vigas, com especificação de classe de pisos opcional.
- VIGAS CONTINUAS, com especificação opcional de classe de pi-

sos.

e. LAJES, seguida ou não de lista de lajes, com especificação opcional de classe de pisos.

f. PISOS, seguida opcionalmente de lista de piso.

g. CLASSE DE PISOS, seguida opcionalmente de lista de classes de pisos.

h. CLASSE DE SEÇÕES, seguida opcionalmente de lista de classe de seções.

Quando a especificação não for seguida pela lista correspondente, todos os itens existentes serão impressos. Quando a especificação for seguida de especificação de classe de pisos ou pisos, apenas os itens correspondentes a estas classes de pisos ou pisos serão impressos.

#### 4.7.7.3 - Pragmática

O comando IMPRIMIR GEOMETRIA deve ser usado, preferencialmente, ao final da etapa geométrica, quando todos os elementos estruturais já foram criados, senão serão impressos apenas os elementos criados até esse ponto.

A impressão é feita na seguinte ordem: constantes, eixos, pilares, vigas, lajes, pisos, classes de pisos e classe de seções. Dentro dos itens pilares, a impressão é feita por ordem de pisos e nos itens vigas e lajes, é feita por ordem de classe de pisos.

A impressão das constantes, além dos valores-padrões gerais, é feita sempre no início do relatório, independente do tipo de impressão solicitado.

Para a impressão é usado o arquivo FILE3.

Os dados listados por elemento estrutural são os seguintes:

- a. eixos - direção X ou Y, primário ou secundário, distância à origem.
- b. pilares - primário ou secundário, eixos de definição, classe de seção, posição, DX, DY.
- c. vigas - primária ou secundária, X ou Y, eixo de definição, eixos inicial e final, classe de seção, posição, distância, altura, EX1 e EX2 ou EY1 e EY2, vinculação.

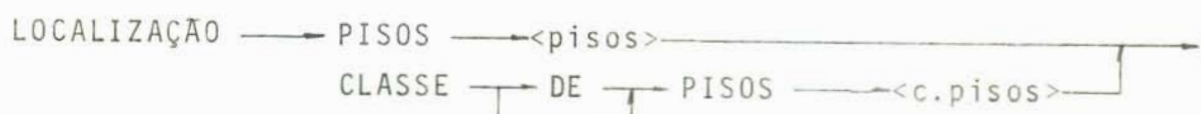
- d. vigas contínuas - vigas componentes da viga contínua.
- e. lajes - eixos de definição, vinculação, método de cálculo, espessura.
- f. pisos - altura, XG, YG, massa, inércia, classe de pisos a que pertence.
- g. classe de pisos - nome da classe de pisos, pisos que a formam.

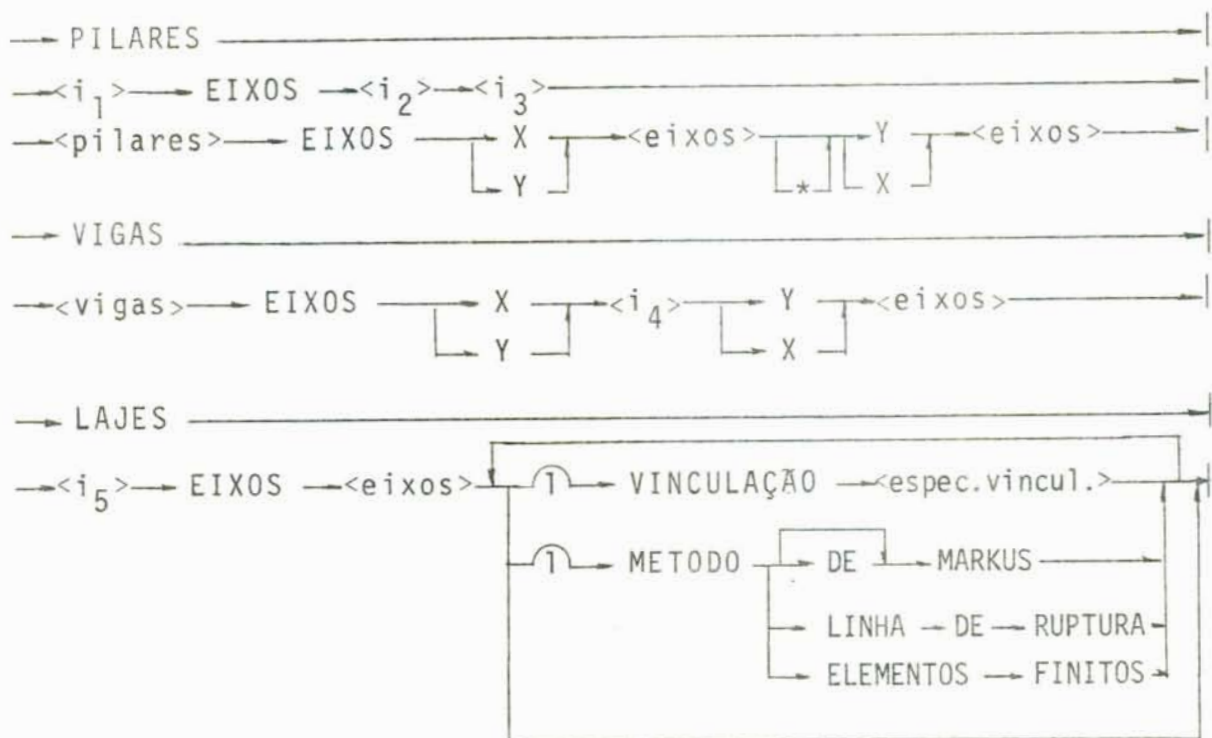
#### 4.7.7.4 - Exemplos

IMPRIMIR GEOMETRIA TODOS	causa a impressão de todos os dados de geometria disponíveis.
IMPRIMIR GEOMETRIA EIXOS X TODOS Y 1 ATÉ 10	imprime todos os eixos X e os eixos Y de 1 até 10.
VIGAS 1 ATÉ 20 CLASSE DE PISOS 1 2 4	imprime as vigas 1 a 20 das classes de pisos, 1, 2 e 4.
VIGAS TODAS CLASSE DE PISOS 3	imprime todas as vigas da classe de pisos 3.
LAJES CLASSE DE PISOS 2	imprime todas as lajes da classe de pisos 2.
VIGAS CONTINUAS	imprime todas as vigas contínuas de todas as classes de pisos.
CLASSE DE PISOS 1 2 4 5	imprime os dados das classes de pisos 1,2,4 e 5, constituídos por nome da classe de pisos e pisos formadores.
PISOS TODOS	imprime as propriedades e geometria de todos os pisos.

#### 4.7.8 - Comando LOCALIZAÇÃO

##### 4.7.8.1 - Sintaxe





$\langle \text{espec.vincul.} \rangle ::= \langle \text{v\u00ednculo} \rangle \langle \text{espec.vincul.} \rangle$

$\langle \text{v\u00ednculo} \rangle ::= | \text{APOIO} | \text{ENGASTE} | \text{LIVRE} |$   
 $| \text{A} | \text{E} | \text{L}$

$\langle i_1 \rangle ::= \{ \text{n\u00famero de pilar} \}$

$\langle i_2 \rangle \langle i_3 \rangle \langle i_4 \rangle ::= \{ \text{n\u00famero de eixo} \}$

$\langle i_5 \rangle ::= \{ \text{n\u00famero de laje} \}$

#### 4.7.8.2 - Sem\u00e2ntica

O comando LOCALIZA\u00c7\u00c3O define pilares, vigas e lajes. O comando \u00e9 formado por um comando mestre, seguido de conjuntos de comandos sub-mestres e comandos adicionais. S\u00e3o descritas a seguir as op\u00e7\u00f5es:

a. pilares - deve ser usado o comando-mestre LOCALIZA\u00c7\u00c3O PISOS, indicando em que pisos s\u00e3o definidos os pilares que seguem. Em seguida, deve ser empregado o comando sub-mestre PILARES e ap\u00f3s os comandos adicionais de pilares, com os eixos de defini\u00e7\u00e3o. A defini\u00e7\u00e3o pode ser feita por lista simples, em que \u00e9 especificado o n\u00famero do pilar e os eixos X e Y de defini\u00e7\u00e3o. Outra forma \u00e9 empregar a lista m\u00faltipla, seguida de uma lista de eixos X e outra de eixos Y, cujo cruzamento fornece a posi\u00e7\u00e3o dos pilares. Se a op\u00e7\u00e3o \* \u00e9 empregada, ent\u00e3o para cada eixo X \u00e9 feita toda a varia\u00e7\u00e3o na lista de eixos Y, equivalen-

do a dizer que o primeiro eixo X com o primeiro eixo Y definem o primeiro pilar, o primeiro eixo X com o segundo eixo Y definem o segundo pilar e assim por diante, passando ao segundo eixo X após ter-se esgotado a lista Y, reiniciando-se esta então. Se a opção \* não for empregada, a variação nas duas listas de eixos é simultânea, isto é, o primeiro eixo X da lista e o primeiro eixo Y da lista definem o primeiro pilar, o segundo eixo X da lista e o segundo eixo Y da lista definem o segundo pilar e assim por diante.

b. vigas - emprega-se o comando mestre LOCALIZAÇÃO CLASSE DE PISOS, seguido pelo comando sub-mestre VIGAS, seguido pelos comandos adicionais com as informações de vigas. Se a lista de vigas contém apenas uma viga, ela deve ser seguida pelo eixo de definição e pelos eixos inicial e final. Se o eixo de definição for X, os eixos inicial e final deverão ser Y e vice-versa. Se a lista de vigas for múltipla, deverá ser seguida pelo eixo de definição, comum a essas vigas, seguido por uma lista de eixos que definem, simultaneamente, o final de uma viga e o início da seguinte, com excessão do primeiro, que indica o início da primeira viga da lista e do último, que indica o final de última viga da lista. Se o eixo de definição for X os eixos da segunda lista devem ser Y e vice-versa.

c. lajes - emprega-se o comando-mestre LOCALIZAÇÃO CLASSE DE PISOS, seguido pelo comando sub-mestre LAJES, seguido por comandos adicionais de lajes. Em cada comando, é especificado o número da laje, seguido de 4 ou 6 eixos de definição dos bordos, iniciando pelo eixo X de menor distância à origem e prosseguindo em sentido anti-horário, numerando-se internamente os bordos de 1 a 4 ou 1 a 6, nesta ordem. A seguir, podem ser fornecidos 4 ou 6 vínculos para os respectivos bordos e o método de cálculo.

#### 4.7.8.3 - Pragmática

Para cada piso e cada classe de pisos deve ser empregado um comando-mestre. É aconselhável informar todos os pilares de um piso após o comando-mestre correspondente, procedendo de maneira equivalente em relação a classe de pisos e as correspondentes vigas e lajes.



A vinculação das lajes também pode ser informada no comando VINCULAÇÃO.

Se não for informado o método de cálculo para lajes, será considerado para estas o método das linhas de ruptura.

#### 4.7.8.4 - Exemplos

LOCALIZAÇÃO PISOS 1 ATE 8

PILARES

1 EIXOS 3 5 define o pilar 1 no cruzamento dos eixos X 3 e Y 5

2 ATE 5 EIXOS X 4 7 9 10 Y 2 3 5 9 define os seguintes pilares:  
 2 eixos X 4 e Y 2  
 3 eixos X 7 e Y 3  
 4 eixos X 9 e Y 5  
 5 eixos X 10 e Y 9

6 ATE 9 EIXOS X 5 6 \* Y 4 7 define os seguintes pilares:  
 6 eixos X 5 e Y 4  
 7 eixos X 5 e Y 7  
 8 eixos X 6 e Y 4  
 9 eixos X 6 e Y 7

LOCALIZAÇÃO CLASSE DE PISOS 2 3 5

VIGAS

1 EIXO X 4 Y 8 9 define a viga 1 no eixo X 4, delimitada pelos eixos inicial Y 8 e final Y 9

2 ATE 5 EIXO Y 3 4 ATE 8 define as vigas 2,3,4 e 5 no eixo Y 3, delimitadas pelos eixos:  
 2 inicial eixo X 4, final eixo X 5  
 3 inicial eixo X 5, final eixo X 6  
 4 inicial eixo X 6, final eixo X 7  
 5 inicial eixo X 7, final eixo X 8

LAJES

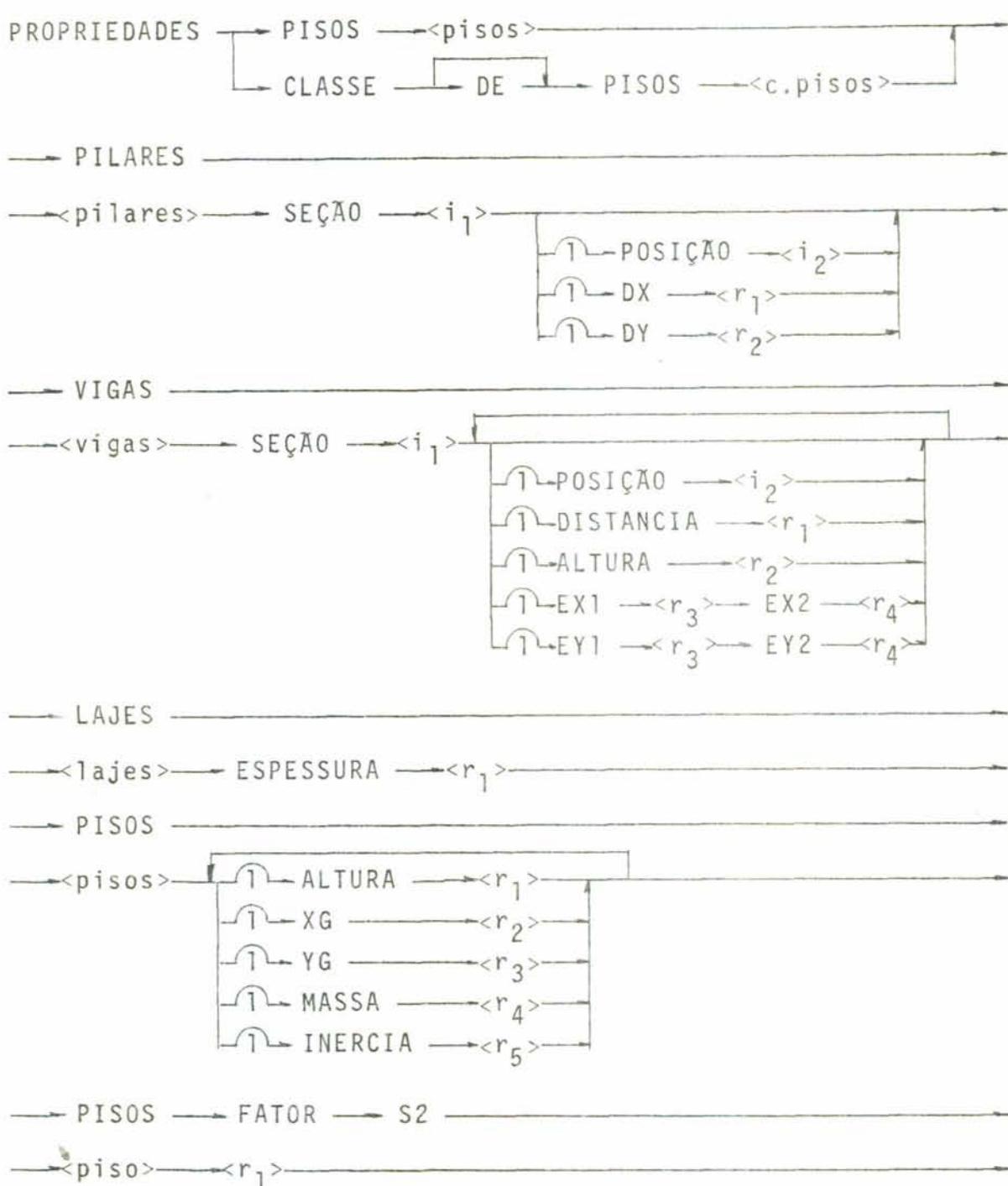
1 EIXOS 4 7 5 6 VINCULAÇÃO A A E A

2 EIXOS 3 10 4 11 5 9 VINCULAÇÃO E L L E E E \$

METODO ELEMENTOS FINITOS

## 4.7.9 - Comando PROPRIEDADES

## 4.7.9.1 - Sintaxe



## 4.7.9.2 - Semântica

O comando `PROPRIEDADES` define as propriedades de pilares, vigas, lajes, pisos e o fator  $s_2$  para pisos.

O comando é formado por um comando-mestre, seguido

por conjuntos de comandos sub-mestres e comandos adicionais. A seguir descreve-se a sintaxe para as diversas opções:

a. pilares - emprega-se o comando-mestre com a opção PISOS, informando os pisos aos quais estão ligados os números de pilares que seguem. Após o comando-mestre, usa-se o comando sub-mestre PILARES, seguido pelos comandos adicionais. Em cada comando

adicional, informa-se as propriedades descritas no item 2.2.5:  
 - SEÇÃO - classe de seção transversal  
 - POSIÇÃO - código da posição da seção transversal, conforme a figura 2.6

- DX - distância do eixo do pilar ao eixo Y de definição  
 - DY - distância do eixo do pilar ao eixo X de definição

b. vigas - emprega-se a opção CLASSE DE PISO do comando-mestre, seguido pelo comando sub-mestre VIGAS. Após, empregam-se os comandos adicionais de vigas, em que se informa as vigas das quais se informam as propriedades, seguidas das propriedades abaixo:

- SEÇÃO - classe da seção transversal da viga  
 - POSIÇÃO - código da posição da viga, segundo a figura 2.6  
 - DISTÂNCIA - distância do eixo da viga ao eixo de definição  
 - ALTURA - altura do eixo da viga em relação ao plano do piso,  
 - EX1 ou EY1 - comprimento do tramo rígido no início da viga, X ou Y, respectivamente  
 - EX2 ou EY2 - comprimento do tramo rígido no final da viga, X ou Y, respectivamente

As figuras 2.7 a 2.9 elucidam as propriedades acima citadas.

c. lajes - emprega-se o comando-mestre com a opção CLASSE DE PISOS, e o comando sub-mestre LAJES. Os comandos adicionais que seguem, especificam a propriedade:

- ESPESSURA - medida da espessura da laje.

d. pisos - emprega-se o comando-mestre sem nenhuma opção, seguido do comando sub-mestre PISOS. Os comandos adicionais especificam, para os pisos da lista as propriedades:

- ALTURA - altura total do piso, isto é, altura do pé-direito acrescida da espessura do pavimento  
 - XG - distância à origem, paralela aos eixos X, do centro de massa do piso.

- YG - distância à origem, paralela aos eixos Y, do centro de massa do piso
  - MASSA - massa total do piso
  - INERCIA - inércia rotacional do piso.
- e. fator  $s_2$  - da mesma forma que em pisos, emprega-se o comando mestre sem opções, seguido do comando sub-mestre PISOS FATOR S2. Os comandos adicionais especificam o número do piso e o fator  $s_2$  da NB-599, para este piso.

#### 4.7.9.3 - Pragmática

A maioria das propriedades é opcional. Se não especificados, seu valor é tomado igual a zero. Portanto, quando seu valor for efetivamente zero, não é necessário especificá-las. As propriedades de pisos XG, YG, MASSA e INERCIA são necessárias quando é desejada a análise dinâmica, para sismo. De forma semelhante, o fator  $s_2$  para os pisos só deve ser informado se for solicitada análise à carga do vento.

#### 4.7.9.4 - Exemplos

PROPRIEDADES PISOS 1 ATE 10

PILARES

1 3 8 SECAO 3

TODOS MENOS 1 3 8 SECAO 2 POSICAO 1 DX 0.30 DY 0.10

PROPRIEDADES CLASSES DE PISOS TODOS

VIGAS

1 ATE 12 SECAO 7 POSICAO 2 DISTANCIA 0.10 ALTURA 0.12 \$

EX1 0.05 EX2 0.45

13 14 15 SECAO 2

LAJES

5 7 9 14 ESPESSURA 0.12

TODOS MENOS 5 7 9 14 ESPESSURA 0.08

PROPRIEDADES

PISOS

1 ATE 10 ALTURA 2.80 XG 12.0 YG 6.70 MASSA 450000 INERCIA 5470000

PISOS FATOR S2

1 0.965; 2 0.95; 3 0.935; 4 0.914; 5 0.89;

6 0.866; 7 0.84; 8 0.81; 9 0.78; 10 0.75;



viga contínua 1 - vãos 2,3,4,5,6 e 7  
 viga contínua 2 - vãos 8,9,10,11,12,13,14 e 15  
 viga contínua 3 - vãos 16,17,18,19,20  
 viga contínua 4 - vãos 24,25,26,27,28 (16 até 20 + 8)  
 viga contínua 5 - vãos 36,37,38,39,40 (16 até 20 + 20)

#### 4.7.11 - Comando VINCULAÇÃO

##### 4.7.11.1 - Sintaxe

```

VINCULAÇÃO → CLASSE ——— DE ——— PISOS ———<c.pisos>—————|
→ VIGAS ———<vigas>————<especificação de vinculação>—————|
→ LAJES ———<lajes>————<especificação de vinculação>—————|

<especificação de vinculação> ::= <vínculo> <especificação de
                                vinculação>

<vínculo> ::= APOIO | ENGASTE | LIVRE
              A | E | L
  
```

##### 4.7.11.2 - Semântica

Este comando especifica a vinculação de vigas e lajes. Para cada classe de pisos deve ser utilizado um comando-mestre.

Para vigas, apenas dois vínculos podem ser especificados, enquanto que para lajes, devem ser especificados 4 ou 6 vínculos, em número igual ao número de bordas da laje.

##### 4.7.11.3 - Pragmática

A vinculação de lajes também pode ser definida no comando LOCALIZAÇÃO.

Para lajes e vigas cuja vinculação não foi fornecida, o sistema toma como padrão a vinculação APOIO em todos os vínculos.

##### 4.7.11.4 - Exemplos

```

VINCULAÇÃO CLASSES 1 2 3 5
VIGAS 1 ATE 9 12 ATE 17 A A
VIGA 10 11 E E
VIGA 18 E L
  
```

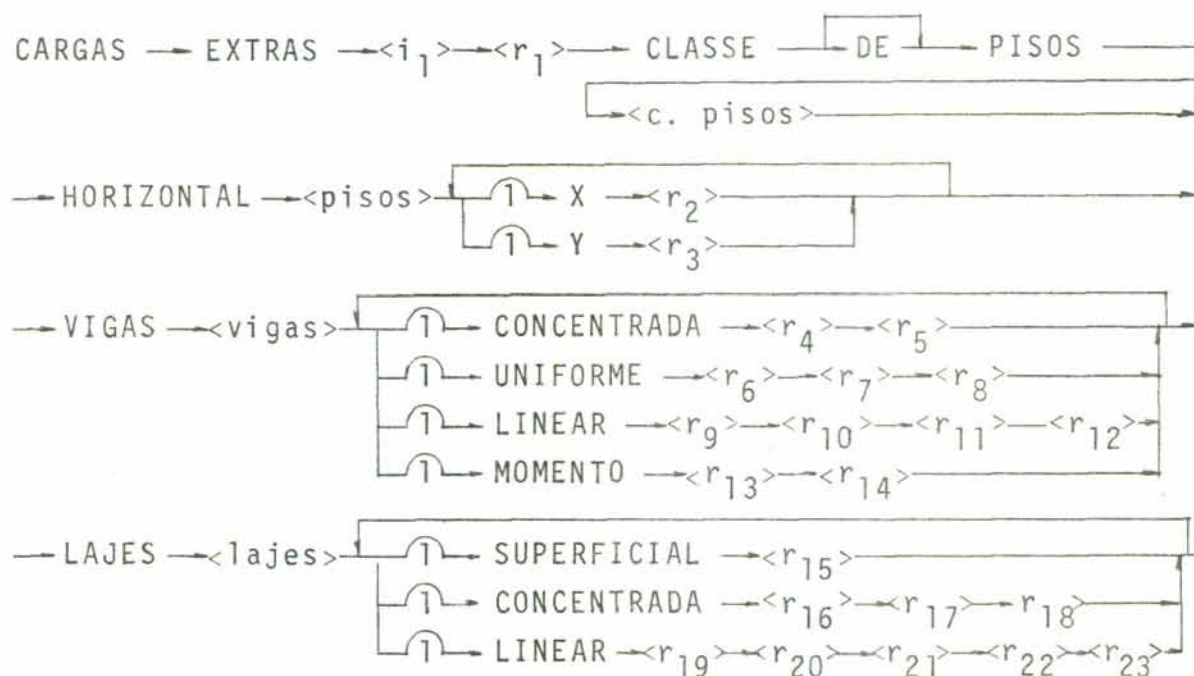
VINCULAÇÃO CLASSES TODOS  
LAJES 1 ATE 23 MENOS 15 A A A A  
LAJE 15 A E E E E L

#### 4.8 - Comandos de Cargas

Os comandos de cargas são utilizados para descrever as cargas incidentes na estrutura. A etapa de cargas, em que esses comandos são usados, deve ser executada após a etapa geométrica e só pode ser executada uma vez.

##### 4.8.1 - Comando CARGAS EXTRAS

###### 4.8.1.1 - Sintaxe



###### 4.8.1.2 - Semântica

O comando descreve as cargas extras, ou cargas adicionais, sejam elas horizontais, representadas por forças agindo ao nível dos pisos, ou verticais, agindo em vigas e lajes.

As cargas devem estar sempre ligadas a um estado de cargas extras, informado no comando-mestre e podem ser majoradas no cálculo por um fator de majoração, também informado no comando-mestre.

Com cargas HORIZONTAIS deve-se omitir a especificação de classe de pisos no comando-mestre mas no caso de cargas

em LAJES e VIGAS, esta especificação é necessária.

As opções do comando são descritas a seguir:

a. cargas HORIZONTAIS - são forças aplicadas ao nível dos pisos, em qualquer direção do plano XY, informando-se os componentes da força, em cada direção principal, conforme a figura 4.4.

<r<sub>2</sub>> componente da força na direção X

<r<sub>3</sub>> componente da força na direção Y

b. cargas em VIGAS - são forças verticais, concentradas, distribuídas uniformes e distribuídas com variação linear, com sentido positivo considerado como o sentido negativo do eixo Z.

b1. CONCENTRADA - é uma força aplicada em um ponto da viga, conforme a figura 4.5. É necessário informar:

<r<sub>4</sub>> valor da força

<r<sub>5</sub>> distância do ponto de aplicação ao início da viga i.é, ao apoio esquerdo

b2. UNIFORME - é uma força distribuída com valor uniforme, aplicada em qualquer trecho da viga, como mostra a figura 4.6. Deve-se informar:

<r<sub>6</sub>> taxa de carga por unidade de comprimento

<r<sub>7</sub>> distância da carga ao início do vão

<r<sub>8</sub>> comprimento do trecho em que atua a carga

b3. LINEAR - é uma força distribuída, com variação linear, aplicada em qualquer trecho da viga, conforme a figura 4.7. Os valores a informar são:

<r<sub>9</sub>> valor da taxa de carga no início do trecho

<r<sub>10</sub>> valor da taxa de carga no final do trecho

<r<sub>11</sub>> distância da carga ao início do vão

<r<sub>12</sub>> comprimento do trecho em que atua a carga

b4. MOMENTO - é uma carga de momento aplicada em uma viga, conforme a figura 4.8. É necessário informar:

<r<sub>13</sub>> valor do momento, no sentido positivo dos eixos X ou Y

<r<sub>14</sub>> distância do ponto de aplicação do momento ao apoio esquerdo da viga.



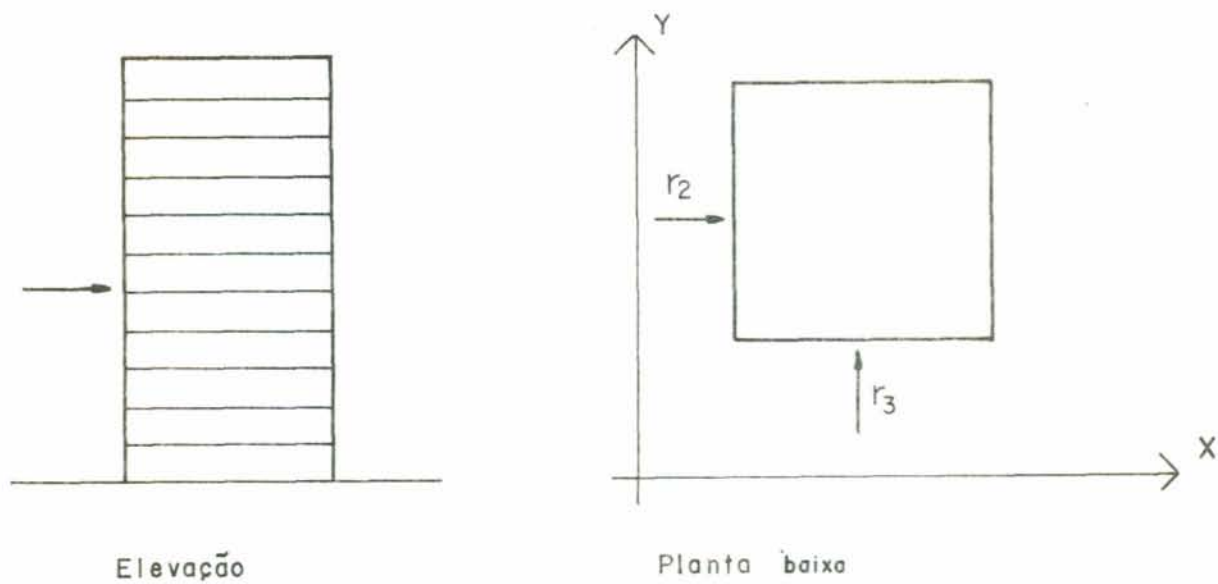


Figura 4.4 - Forças HORIZONTAIS, aplicadas nos pisos

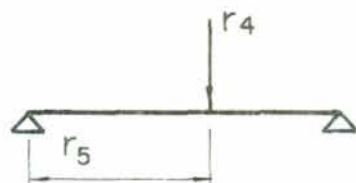


Figura 4.5 - Carga CONCENTRADA em vigas

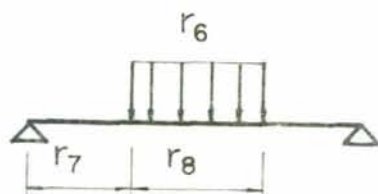


Figura 4.6 - Carga UNIFORME em vigas

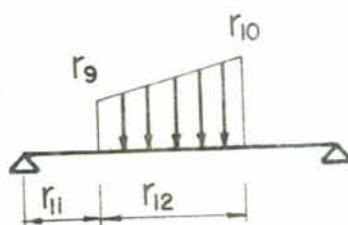


Figura 4.7 - Carga LINEAR em vigas

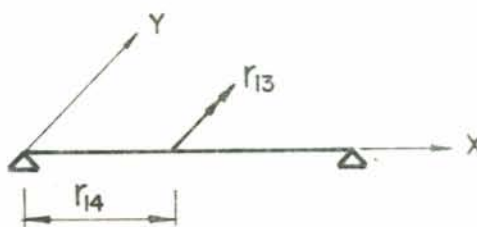


Figura 4.8 - Carga de MOMENTO em vigas

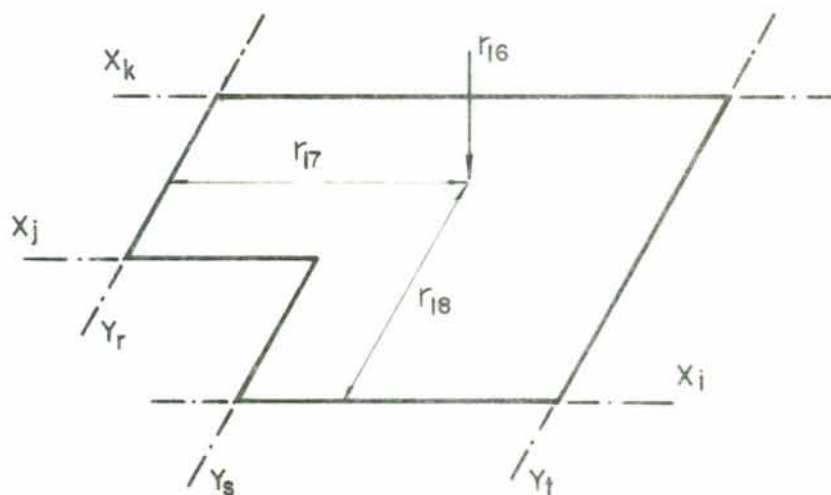


Figura 4.9 - Carga CONCENTRADA em lajes

c. cargas em LAJES - são forças verticais, do tipo superficial, concentrada e linear. O seu sentido positivo é sempre considerado como sendo o sentido negativo do eixo Z.

c1. SUPERFICIAL - é uma força distribuída em toda a superfície da laje, com taxa de carga constante. O valor a ser informado é:

$\langle r_{15} \rangle$  taxa de carga distribuída sobre a laje, por unidade de área.

c2. CONCENTRADA - é uma força isolada aplicada em um ponto qualquer da laje, conforme a figura 4.9. Devem ser informados os valores a seguir:

$\langle r_{16} \rangle$  valor da força

$\langle r_{17} \rangle$  distância do ponto de aplicação da força ao eixo Y de definição da laje mais próximo à origem

$\langle r_{18} \rangle$  distância do ponto de aplicação da força ao eixo X de definição mais próximo à origem.

c3. LINEAR - é uma carga linear uniforme agindo em um trecho qualquer da laje, conforme a figura 4.10.

$\langle r_{19} \rangle$  taxa de carga linear uniforme, por unidade de comprimento

$\langle r_{20} \rangle$  distância do ponto inicial do trecho de carga ao eixo Y de definição da laje mais próximo à origem

$\langle r_{21} \rangle$  distância do ponto inicial do trecho de carga ao eixo Y de definição mais próximo à origem

$\langle r_{22} \rangle$  distância do ponto final do trecho de carga ao eixo Y de definição da laje mais próximo à origem

$\langle r_{23} \rangle$  distância do ponto final do trecho de carga ao eixo Y de definição mais próximo à origem

#### 4.8.1.3 - Pragmática

No caso de ser omitido o fator de majoração no comando-mestre, será utilizado o valor de GFQ ou o valor-padrão correspondente, caso este não tenha sido especificado no comando CONSTANTES.

Alguns dos parâmetros, para os diversos tipos de carga podem ser omitidos. Para carga UNIFORME em vigas, se o valor  $r_8$  for omitido, considera-se que a carga está aplicada até o final do vão. Se os valores  $\langle r_7 \rangle$  e  $\langle r_8 \rangle$  forem omitidos, considera-se a carga aplicada em todo o vão.

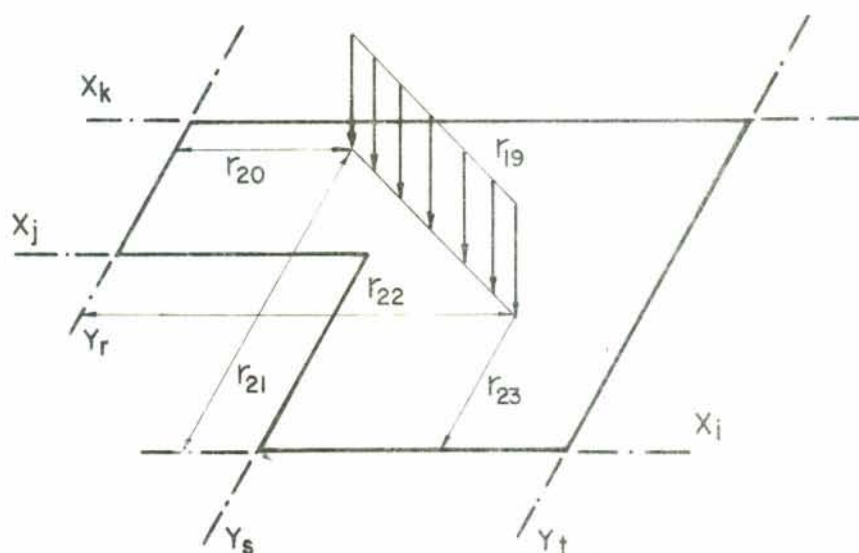


Figura 4.10 - Carga LINEAR em lajes

Para a carga LINEAR em vigas, valem as mesmas considerações acima, como relação aos parâmetros  $r_{11}$  e  $r_{12}$ .

No caso das cargas em lajes, todos os parâmetros devem ser especificados, em qualquer caso.

#### 4.8.1.4 - Exemplos

CARGAS EXTRAS 1 1.4

HORIZONTAL PISOS 1 ATE 10 X 1500 Y 1200

HORIZONTAL PISOS 11 X 1000 Y 800

CARGAS EXTRAS 1 1.4 CLASSE DE PISO 2 3 4

VIGAS 1 ATE 12 UNIFORME 180

VIGAS 13 15 CONCENTRADA 850 1.0

CARGAS EXTRAS 2 1.50 CLASSE DE PISOS TODOS

LAJES 1 2 5 SUPERFICIAL 32.5

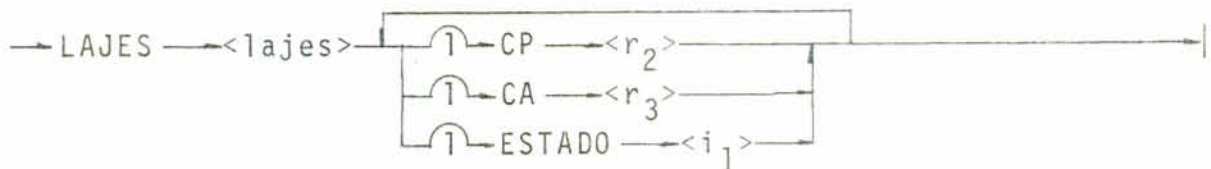
LAJES 7 8 CONCENTRADA 500 1.80 2.70

LAJES 9 LINEAR 120 1.5 1.2 4.3 3.8

#### 4.8.2 - Comando CARREGAMENTOS

##### 4.8.2.1 - Sintaxe

CARREGAMENTOS → CLASSES → DE → PISOS → <c.pisos> →  
 → VIGAS → <vigas> → CARGA → <r<sub>1</sub>> →



#### 4.8.2.2 - Semântica

Este comando define os carregamentos-padrões de vigas e lajes. O comando-mestre especifica as classes de pisos para as quais estes carregamentos são especificados e os comandos adicionais definem o número das vigas e lajes e os valores das cargas.

São as seguintes as opções do comando:

- a. VIGAS - especifica-se o valor da carga uniforme agindo ao longo da viga, por unidade de comprimento. Esta carga uniforme constitui a carga de paredes sobre a viga, acrescida do peso dos revestimentos. O peso próprio da viga não deve ser incluído, pois é calculado automaticamente.
- b. LAJES - define-se aqui a carga permanente agindo sobre a laje, excluindo-se a carga de peso próprio, através do valor CP, e a carga accidental, ligada ao estado de sobrecarga 0 ou 1, através do valor CA. Os itens 2.3.2.1 e 2.3.2.2 deste trabalho definem os estados de sobrecarga a que estão submetidas as lajes. Os valores das cargas são dados em taxa de carga por unidade de área.

O estado de sobrecarga é informado após a palavra-chave ESTADO e são aceitos os valores 0 e 1.

#### 4.8.2.3 - Exemplos

```

CARREGAMENTOS CLASSE DE PISOS 1
VIGAS 1 ATE 32 CARGA 35.0
VIGAS 33 ATE 52 CARGA 40.0
LAJES 1 ATE 15 CADA 2 CP 25.0 CA 30.0 ESTADO 0
LAJES 2 ATE 16 CADA 2 CP 25.0 CA 35.0 ESTADO 1
CARREGAMENTOS CLASSES DE PISOS 2 ATE 5
VIGAS TODOS CARGA 42.0
LAJES TODOS CP 20.0 CA 25.0 ESTADO 0
  
```

### 4.8.3 - Comando ETAPA DE CARGAS

#### 4.8.3.1 - Sintaxe



#### 4.8.3.2 - Semântica

Este comando inicia a etapa de cargas, onde são definidas as cargas e carregamentos do edifício.

As duas opções especificadas na sintaxe produzem o mesmo resultado, pois são sinônimas.

#### 4.8.3.3 - Pragmática

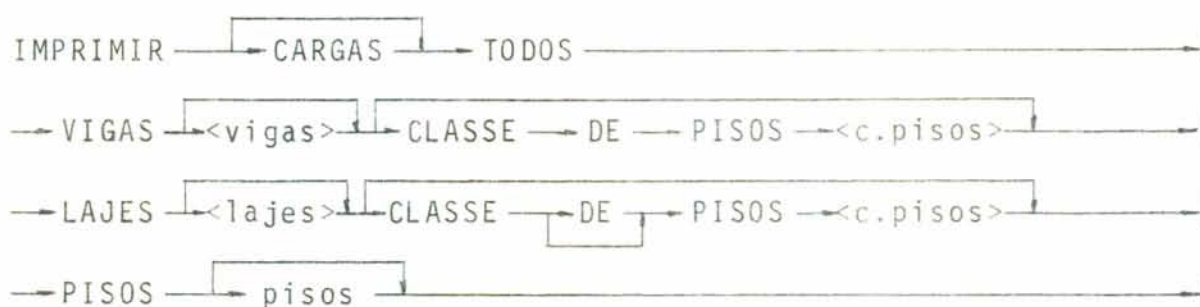
O comando deve ser empregado após todos os comandos da etapa geométrica e só pode ser empregado uma vez. Após este comando, usam-se os comandos de cargas e os comandos globais, exceto o comando LIMITES.

#### 4.8.3.4 - Exemplos

ETAPA DE CARGAS  
ETAPA DE CARREGAMENTOS

### 4.8.4 - Comando IMPRIMIR CARGAS

#### 4.8.4.1 - Sintaxe



#### 4.8.4.2 - Semântica

Este comando permite a impressão seletiva das informações relativas às cargas incidentes na estrutura.

Se empregado o comando-mestre com a opção TODOS, não devem ser empregados comandos-adicionais. Todos os dados relativos às cargas serão listados, neste caso.

Se o comando-mestre utilizado omitir a opção TODOS, os comandos-adicionais deverão especificar os elementos dos quais se deseja a impressão das cargas. Estes comandos permitem as especificações a seguir:

- a. VIGAS - seguida ou não pela lista de vigas, com especificação adicional de classe de pisos.
- b. LAJES - acompanhada pela lista de lajes, com a especificação adicional de classe de lajes.
- c. PISOS - acompanhada da lista de pisos ou não.

Quando a especificação não é seguida pela lista correspondente, todos os itens existentes serão impressos. Quando a especificação for seguida ainda pela especificação de classes de pisos, apenas os itens correspondentes a estas classes de pisos serão impressos.

#### 4.8.4.3 - Pragmática

O comando IMPRIMIR CARGAS deve ser usado, de preferência, ao final da etapa de cargas, quando todas as cargas já foram fornecidas.

A impressão é feita na seguinte ordem: cargas de pisos, vigas e lajes, nestas últimas, por ordem de classe de pisos.

A impressão é feita, no arquivo FILE3, na seguinte ordem:

- classe de pisos - vigas - estados de carga
- classe de pisos - lajes - estados de carga
- pisos - estados de carga

#### 4.8.3.4 - Exemplos

IMPRIMIR CARGAS TODOS

Imprime todos os dados de cargas de pisos, vigas e lajes

IMPRIMIR CARGAS

VIGAS 1 ATE 10 CLASSE DE PISOS 1 2 5

VIGAS CLASSE DE PISOS 3

Imprime os dados de todas as vigas da classe de pisos 3

## LAJES

Imprime os dados de todas as lajes da estrutura

## PISOS 1 ATE 10

Imprime as cargas horizontais incidentes nos pisos 1 a 10.

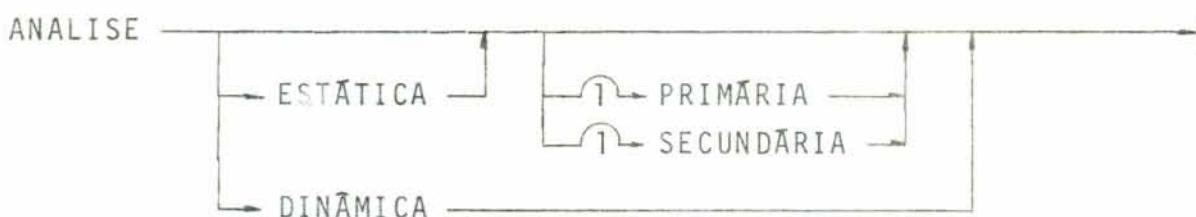
4.9 - Comandos de Análise

Estes comandos são utilizados para descrever as seções de cálculo nas vigas e comandar a execução da análise secundária e da análise primária.

Esta etapa deve ser executada após a etapa de cargas e deve ser executada apenas uma vez.

## 4.9.1 - Comando ANALISE

## 4.9.1.1 - Sintaxe



## 4.9.1.2 - Semântica

O comando ANALISE seleciona o tipo de análise desejado, iniciando sua execução. Pode ser selecionada apenas a análise secundária, apenas a análise primária ou ambas. A análise secundária deve ter sido executada antes que a análise primária seja conduzida.

A análise estática considera as forças aplicadas estaticamente, e pode ser secundária ou primária. Por outro lado, a análise dinâmica é sempre uma análise primária, que inicia com a obtenção das forças dinâmicas de sismo, aplicadas aos pisos.

## 4.9.1.3 - Pragmática

Se nenhuma opção for indicada, será feita uma análise estática secundária e depois uma análise estática primária.

Quando se solicitar apenas a opção análise primária,



esta análise só será feita se, anteriormente, já tiver sido feita a análise secundária.

#### 4.9.1.4 - Exemplos

ANÁLISE  
ANÁLISE ESTÁTICA SECUNDÁRIA  
ANÁLISE SECUNDÁRIA PRIMÁRIA  
ANÁLISE DINÂMICA

#### 4.9.2 - Comando ETAPA DE ANÁLISE

##### 4.9.2.1 - Sintaxe

ETAPA — DE — ANALISE —————→

##### 4.9.2.2 - Semântica

O comando ETAPA DE ANALISE inicia a etapa de análise.

##### 4.9.2.3 - Pragmática

Este comando só pode ser executado uma vez no programa, sempre após a etapa de cargas. Os comandos que seguem a ETAPA DE ANALISE são comandos de análise ou comandos globais, exceto LIMITES.

##### 4.9.2.4 - Exemplos

ETAPA ANÁLISE  
ETAPA DE ANÁLISE

#### 4.9.3 - Comando IMPRIMIR ESFORÇOS

##### 4.9.3.1 - Sintaxe

IMPRIMIR — ESFORÇOS — TODOS —————→  
 → WIGAS — <vigas> — CLASSE — DE — PISOS — <c.pisos> —————→  
 → LAJES — <lajes> — CLASSE — DE — PISOS — <c.pisos> —————→  
 → PILARES — <pilares> — PISOS — <pisos> —————→

## 4.9.3.2 - Semântica

O comando IMPRIMIR ESFORÇOS, nesta etapa, seleciona a impressão de esforços em pilares, vigas e lajes, conforme a descrição abaixo:

- a. PILARES - podem ser selecionados os números dos pilares e dos pisos de que se deseja a impressão. Se não houver a seleção, todos os elementos serão impressos.
- b. VIGAS - especifica-se uma lista de vigas e uma lista de classes de pisos. Se estas listas forem omitidas, todos os elementos serão impressos.
- c. LAJES - A seleção é a mesma que em VIGAS.

O comando-mestre com a opção TÓDOS indica que todos os esforços de todos os pilares, vigas e lajes em todos os pisos ou classes de pisos devem ser impressos. Neste caso, não se deve especificar comandos-adicionais.

## 4.9.3.3 - Pragmática

O comando IMPRIMIR ESFORÇOS deve ser usado após o comando ANALISE, quando estão disponíveis os esforços. A ordem de impressão é:

- pisos - pilares - estados de carga
- classe de pisos - vigas - estados de carga
- classe de pisos - lajes - estados de carga

## 4.9.3.4 - Exemplos

IMPRIMIR ESFORÇOS TODOS

imprime todos os esforços disponíveis

IMPRIMIR ESFORÇOS

VIGAS TODAS

imprime os esforços de todas as vigas, em todas as classes de pisos

VIGAS CLASSE DE PISOS 3 5

imprime os esforços de todas as vigas nas classes de pisos 3 e 5

LAJES 1 5 8 CLASSES DE PISOS 2 3

PILARES 4 5 7 PISOS 7

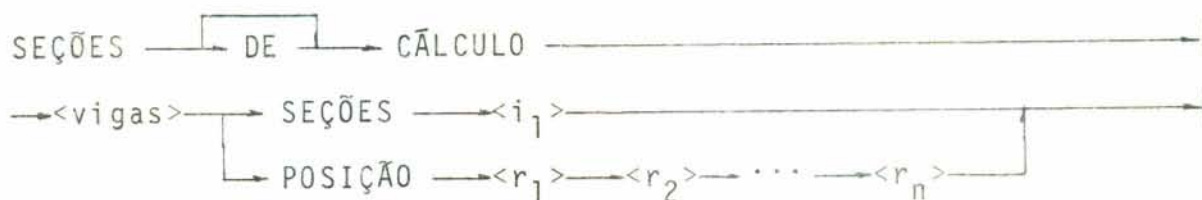
PILARES TODOS PISOS 1 ATE 6

imprime os esforços de todos os pilares nos pisos

1 a 6

## 4.9.4 - Comando SEÇÕES DE CÁLCULO

## 4.9.4.1 - Sintaxe



## 4.9.4.2 - Semântica

O comando SEÇÕES DE CÁLCULO estabelece a localização das seções transversais das vigas onde são calculados os esforços.

Pode-se fixar um número de seções equidistantes, incluindo as seções extremas, nos apoios, através da alternativa SEÇÕES seguida pelo número de seções. A posição de cada seção em relação ao início da viga é calculada pelo sistema, neste caso.

Também é possível determinar a POSIÇÃO de cada seção transversal, informando-se a distância ao apoio esquerdo das seções. As seções extremas são sempre consideradas, independentemente de terem sido informadas por este comando. Isto corresponde a dizer que uma viga terá, no mínimo, 2 seções de cálculo.

## 4.9.4.3 - Pragmática

Quando for especificado ...SEÇÕES 2, apenas as seções extremas serão consideradas. Isto é equivalente a não informar nada, pois a geração das seções extremas é automática. Um máximo de 20 seções (incluindo as extremas) pode ser especificado por viga. Os comprimentos de penetração nos pilares,  $p_1$  e  $p_2$ , são considerados ao distribuir as seções equidistantes.

## 4.9.4.4 - Exemplos

SEÇÕES DE CÁLCULO

1 ATE 10 SEÇÕES 5

ver figura 4.11

11 12 POSIÇÃO 2.5 3.0 3.5

ver figura 4.12

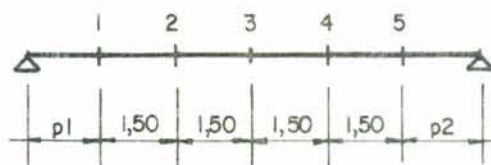


Figura 4.11 - Seções equidistantes em vigas

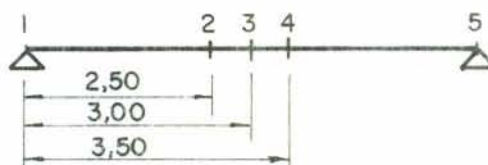


Figura 4.12 - Seções dadas por POSIÇÃO em vigas

#### 4.10 - Comandos de Dimensionamento

Os comandos da etapa de dimensionamento são empregados para controlar o dimensionamento da armadura dos elementos estruturais, após terem sido determinados os esforços na etapa de análise.

##### 4.10.1 - Comando DIMENSIONAMENTO

###### 4.10.1.1 - Sintaxe

```

DIMENSIONAR → ARMADURAS → TODOS → _____|
→ PILAR → [ pilares ] → [ PISOS → <pisos> ] → _____|
→ VIGAS → [ <vigas> ] → CLASSE → DE → PISOS → [ <c.pisos> ] → _____|
→ LAJES → [ <lajes> ] → CLASSE → DE → PISOS → [ <c.pisos> ] → _____|
  
```

###### 4.10.1.2 - Semântica

O comando DIMENSIONAR seleciona os pilares, vigas e lajes, bem como os respectivos pisos e classes de pisos dos quais se deseja o dimensionamento das armaduras.

###### 4.10.1.3 - Pragmática

Se for empregada a alternativa TODOS no comando-mestre, não podem ser especificados comandos adicionais, e todos

os elementos estruturais serão dimensionados.

#### 4.10.1.4 - Exemplos

##### DIMENSIONAR ARMADURAS TODOS

dimensiona todos os pilares vigas e lajes de todos os pisos e classes de pisos

##### DIMENSIONAR ARMADURAS

PILARES 8 ATE 15 PISOS TODOS

PILARES 2Ø 21 22 PISOS 1 ATE 5

VIGAS 1 5 1Ø CLASSE DE PISOS 1 ATE 3

LAJES CLASSE DE PISOS 2

#### 4.10.2 - Comando ETAPA DE DIMENSIONAMENTO

##### 4.10.2.1 - Sintaxe

ETAPA → DE → DIMENSIONAMENTO →

##### 4.10.2.2 - Semântica

Este comando inicia a etapa de dimensionamento, que dimensiona as armaduras dos elementos estruturais.

##### 4.10.2.3 - Pragmática

O comando só pode ser executado após a etapa de análise e somente uma vez.

##### 4.10.2.4 - Exemplos

##### ETAPA DE DIMENSIONAMENTO

#### 4.10.3 - Comando IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO

##### 4.10.3.1 - Sintaxe

IMPRIMIR → DIMENSIONAMENTO → TODOS →

→ VIGAS → <vigas> → CLASSE → DE → PISOS → <c.pisos> →

→ LAJES → <lajes> → CLASSE → DE → PISOS → <c.pisos> →

→ PILARES → <pilares> → PISOS → <pisos> →

#### 4.10.3.2 - Semântica

O comando IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO seleciona pilares, vigas e lajes dos quais se deseja a impressão das armaduras. A seleção estende-se também aos pisos e classes de pisos.

A opção TODOS no comando-mestre causa a impressão de todos os elementos estruturais. Neste caso, não devem ser usados comandos-adicionais.

#### 4.10.3.3 - Pragmática

O comando deve ser usado após o comando DIMENSIONAR, quando já estão disponíveis as armaduras calculadas. No caso de omissão das listas de vigas, lajes, pilares, pisos e classes de pisos, todos os itens da lista omitida terão suas armaduras impressas.

A impressão segue a seguinte ordem:

- pisos - pilares
- classes de pisos - vigas
- classes de pisos - lajes

Independentemente das unidades escolhidas no problema, a impressão das armaduras será sempre feita em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>).

#### 4.10.3.4 - Exemplos

IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO TODOS

imprime todas as armaduras de todos os pilares, vigas e lajes, de todos os pisos e classes de pisos

IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO

PILARES 1 ATE 9 PISOS 1 ATE 10

VIGAS TODOS CLASSE DE PISOS 2 ATE 5

imprime as armaduras de todas as vigas nas classes de piso 2 a 5

LAJES 1 ATE 20 35 ATE 50 CLASSE DE PISOS 1 2

LAJES CLASSES DE PISOS 5

imprime as armaduras de todas as lajes na classe de pisos 5.

## 5. ESTRUTURA DE ROTINAS E FLUXO DO SISTEMA

### 5.1 - Organização Geral do Sistema

No projeto de um sistema do porte do PROADE é de fundamental importância o estudo da organização do sistema. A capacidade de crescimento e evolução do sistema dependem, basicamente, de uma escolha acertada na montagem dos diversos componentes do programa. Uma discussão interessante sobre novas técnicas na organização de sistemas científicos é apresentada por Felippa<sup>3</sup>, principalmente quanto à utilização de gerenciadores de bancos de dados. Na fase inicial de projeto do PROADE, cogitou-se na utilização de bancos de dados, no sentido lato da expressão, mas o *overhead* resultante desta estratégia não seria compensador. Além disso, esse enfoque comprometeria de forma fatal a pretendida portabilidade do sistema, pois os gerenciadores de bancos de dados comercialmente disponíveis não oferecem portabilidade entre os equipamentos-alvo deste sistema (Burroughs B6000/7000, IBM/370 e 4341, Digital DEC10 e VAX).

A organização escolhida para o sistema divide-o em módulos de programa, cada um responsável pela interpretação de uma etapa do programa PROADE, controlados por um módulo executivo.

Os módulos de programa compõem-se de rotinas interpretadoras, responsáveis pela aquisição e armazenamento dos dados, e rotinas de processamento, responsáveis pelo processamento dos dados. Estas últimas fogem ao escopo deste trabalho e são descritas por Ellwanger<sup>2</sup>.

Qualquer módulo, bem como as rotinas, podem chamar rotinas utilitárias, que desempenham tarefas específicas dentro do sistema. Um conjunto especial destas rotinas é denominado de rotinas de análise sintática, cuja finalidade é auxiliar na análise dos comandos.

A figura 5.1 mostra, esquematicamente a interrelação entre os diversos componentes do sistema.

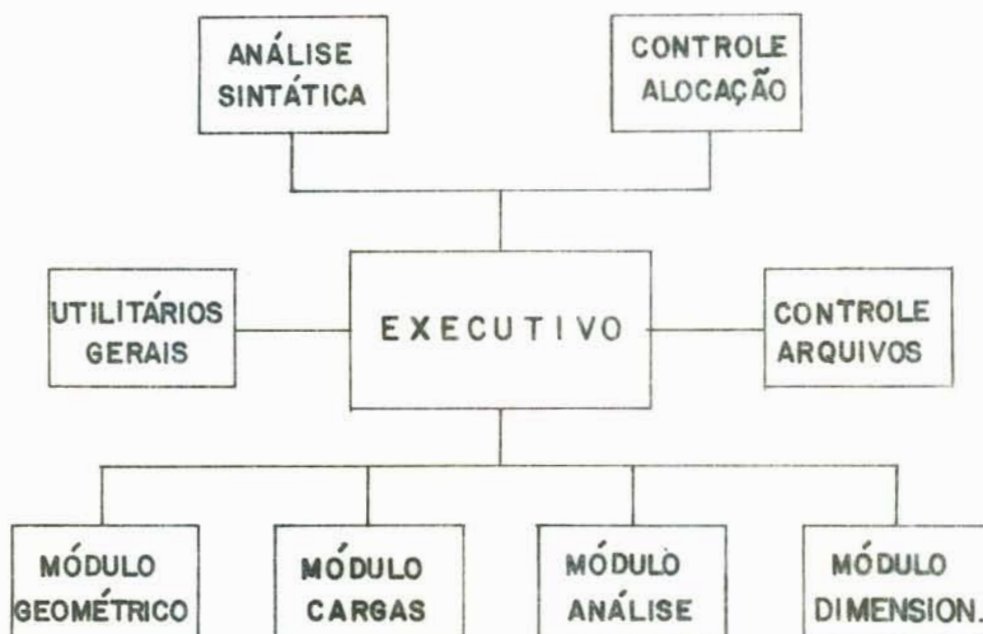


Figura 5.1 - Organização geral do sistema

A execução de um programa obedece ao fluxo de sistema da figura 5.2, compreendendo as fases abaixo:

- a. inicialização geral do sistema
- b. análise sintática básica
- c. seleção e interpretação de comandos globais
- d. alocação de estruturas para os módulos
- e. seleção de módulos
- f. retorno à fase d

Os módulos de GEOMETRIA e de CARGAS, por sua vez, executam os passos a seguir:

- a. seleção e interpretação de comandos globais e da etapa
- b. geração de arquivos de interface

Os módulos de ANÁLISE e DIMENSIONAMENTO cumprem as etapas:

- a. seleção e interpretação de comandos globais e da etapa
- b. execução das rotinas de análise/dimensionamento
- c. geração de arquivos de esforços/armaduras.



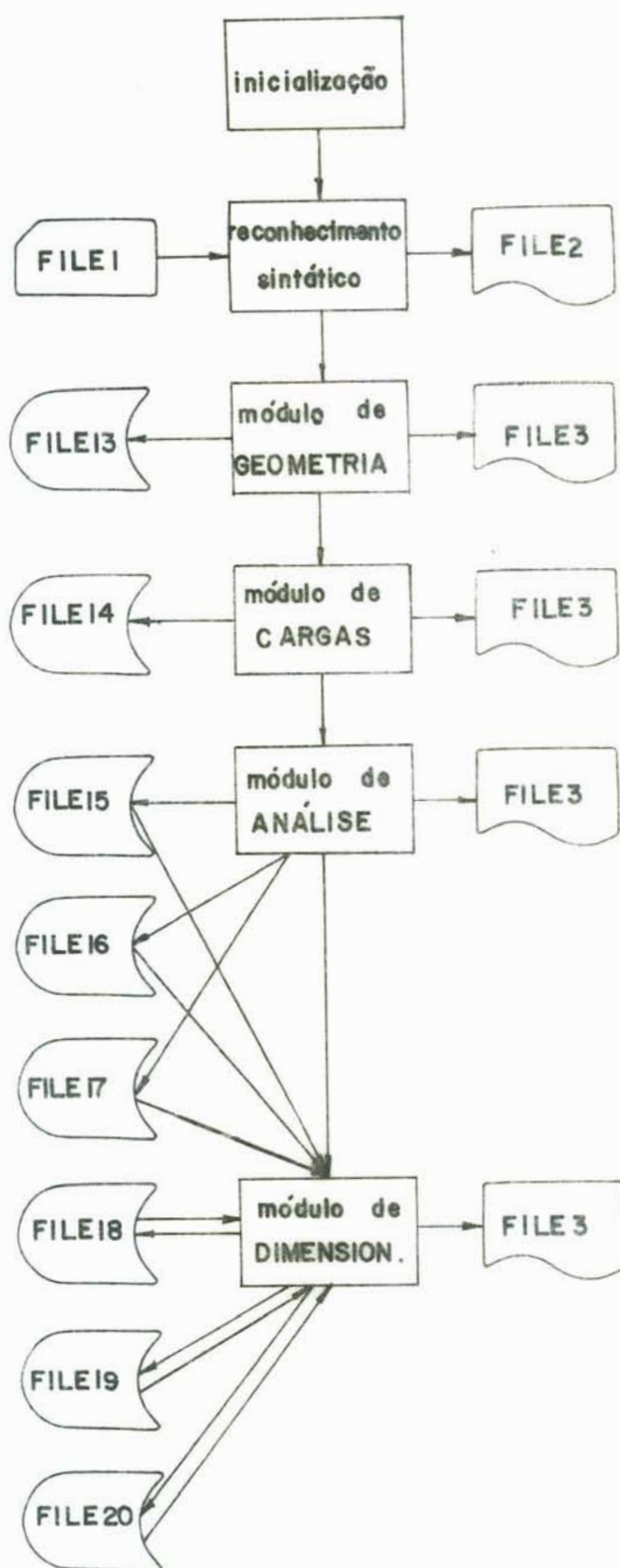


Figura 5.2 - Fluxo de sistema

Os arquivos FILE13 até FILE20 armazenam todos os dados e resultados da execução de um problema PROADE e podem ser usados como interface para novos módulos, como um módulo GRÁFICO, para a geração de desenhos em *plotter* ou em vídeo gráfico, e o módulo de OTIMIZAÇÃO, encarregado da otimização da estrutura.

Também é possível o acesso aos resultados de um programa PROADE, por parte de outros programas, com finalidades diversas, simplesmente através da leitura dos arquivos gerados.

O sistema foi desenvolvido em linguagem FORTRAN IV procurando-se evitar ao máximo tirar partido de peculiaridades de implementação da linguagem nos diversos equipamentos nos quais se pretende utilizar o sistema PROADE.

## 5.2 - Módulo EXECUTIVO

### 5.2.1 - Parâmetros

Este módulo não tem parâmetros.

### 5.2.2 - Função

O EXECUTIVO é o ponto focal do sistema, encarregado das funções de controle. A execução sempre inicia e termina por este módulo, a quem compete a chamada dos demais. É o programa principal do sistema.

### 5.2.3 - Descrição

As fases de execução no módulo EXECUTIVO, esquematizadas na figura 5.3, são as seguintes:

- a. inicialização dos contadores de tempo, estabelecimento das unidades padrão do sistema e definição do tamanho total da área disponível para alocação dinâmica (rotina START);
- b. estabelecimento dos limites-padrões e valores-padrões do sistema (rotina LIMITØ);
- c. análise sintática e seleção de comandos globais e de etapas (família SCAN);
- d. chamada de rotinas interpretadoras de comandos globais (rotinas TITUL, LIMIT, UNIDAD, LISTAR, FIM);

- e. alocação de estruturas da Etapa de Geometria;
- f. chamada do módulo de GEOMETRIA;
- g. alocação de estruturas da Etapa de Cargas;
- h. chamada do módulo de CARGAS;
- i. alocação de estruturas da Etapa de Análise;
- j. chamada do módulo de ANÁLISE;
- k. chamada do módulo de DIMENSIONAMENTO;
- l. retorno ao passo a para novo programa.

No desenvolvimento futuro do sistema, novas etapas podem ser criadas, simplesmente adicionando chamadas de novos módulos no EXECUTIVO, que também será encarregado da alocação das estruturas respectivas.

### 5.3 - Módulo de GEOMETRIA (subrotina ETGEOM)

#### 5.3.1 - Parâmetros

BEIXOX(1)	VIGAS(1)
BEIXOY(1)	IVIGAC(1)
BPILAR(1)	VIGAC(1)
BVIGA(1)	PILAR(1)
BLAJE(1)	LAJES(1)
BPISO(1)	PISOS(1)
BCLAPI(1)	CLAPI(1)
BSECAO(1)	CLAPIN(1)
EIXOX(1)	SECAO(1)
EIXOY(1)	FATS2(1)

Todos os parâmetros são passados, como argumentos, às rotinas chamadas pelo módulo.

#### 5.3.2 - Função

O módulo de GEOMETRIA é responsável pela interpretação dos comandos da Etapa de Geometria, realizando a aquisição e armazenamento dos dados correspondentes.

São alocados dentro do módulo 4 estruturas auxiliares, que são utilizadas como área temporária para armazenamento de listas, dentro das rotinas interpretadoras. Essas estruturas são passadas também como argumentos às rotinas.

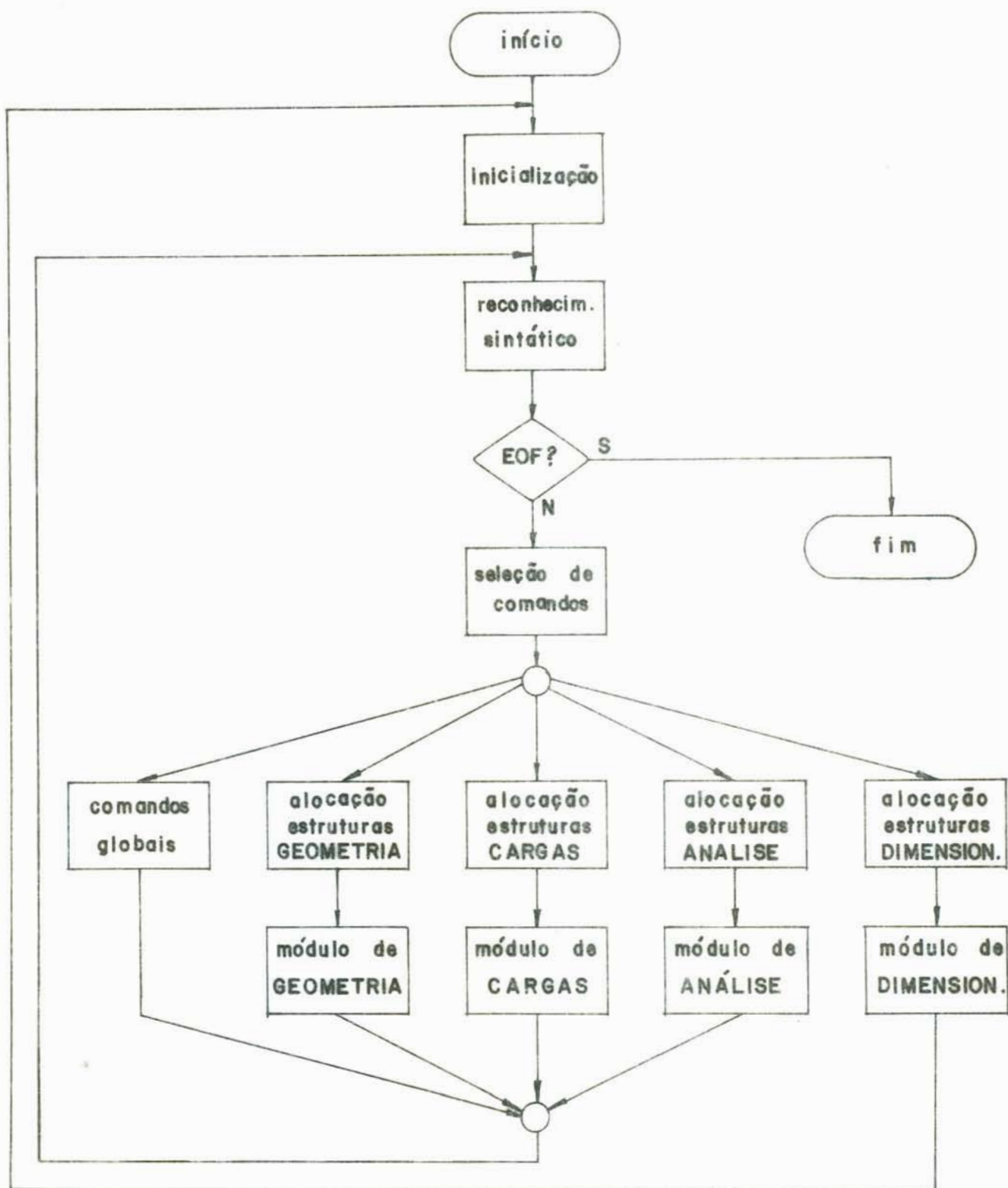


Figura 5.3 - Fluxo do módulo EXECUTIVO

### 5.3.3 - Descrição

As ações dentro do módulo de GEOMETRIA mostrados na figura 5.4 são as seguintes:

- a. alocação de estruturas auxiliares para armazenamento de listas;
- b. análise sintática e seleção de comandos globais e da etapa;
- c. chamada de rotinas interpretadoras de comandos globais (LISTAR, UNIDADES);
- d. chamada de rotinas interpretadoras de comandos de etapa (EIXOS, LOCALIZAÇÃO, CLASSE DE PISOS, CLASSE DE SEÇÕES, PROPRIEDADES, VINCULAÇÃO, ELIMINAR, VIGA CONTINUA, CONSTANTES, IMPRIMIR) e retorno ao módulo EXECUTIVO (na seleção dos comandos FIM e ETAPA).

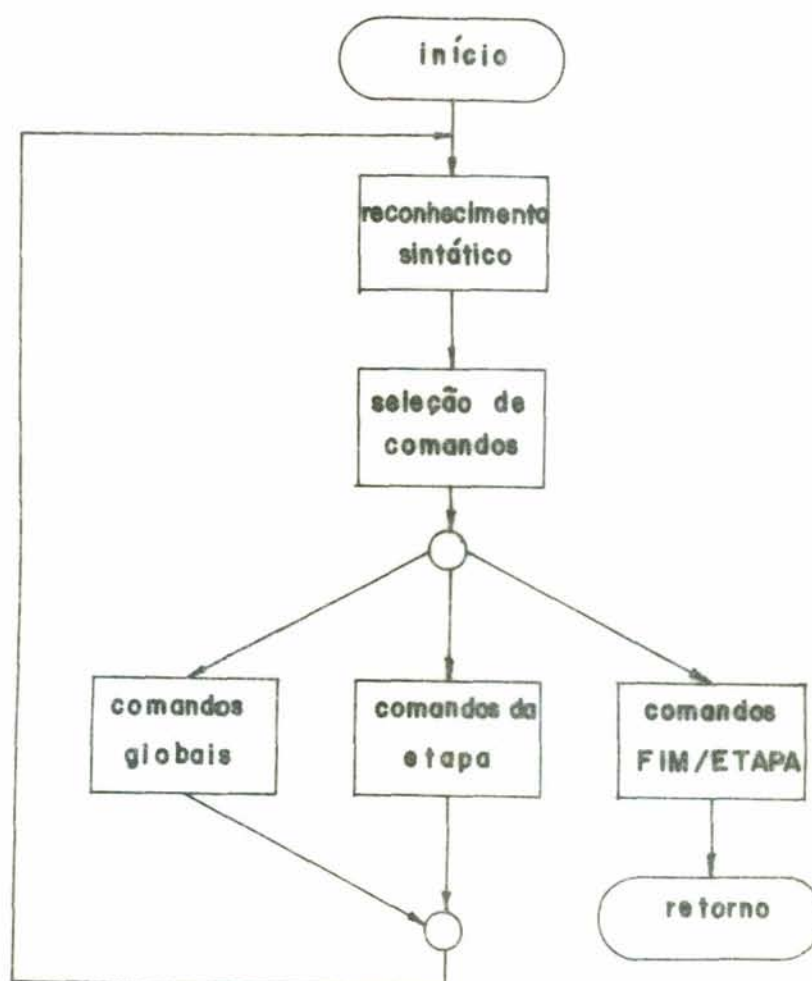


Figura 5.4 - Fluxo do módulo de GEOMETRIA

#### 5.4 - Módulo de CARGAS (subrotina ETCARR)

##### 5.4.1 - Parâmetros

BVIGA(1)	GAMEC(1)
BLAJE(1)	CARHOR(1)
BPISO(1)	ICALAJ(1)
BCLAPI(1)	ICAVIG(1)
CARVIG(1)	ICATMP(1)
CARLAJ(1)	CAEXTR(1)

Todos os parâmetros são passados como argumentos às rotinas chamadas pelo módulo.

##### 5.4.2 - Função

O módulo de CARGAS responde pela interpretação dos comandos da Etapa de Cargas, fazendo a aquisição e armazenamento dos dados da etapa.

As estruturas auxiliares alocadas no módulo anterior permanecem disponíveis.

##### 5.4.3 - Descrição

O fluxograma da figura 5.5 descreve os passos executados neste módulo, também listados a seguir:

- a. análise sintática e seleção dos comandos globais e da etapa;
- b. chamada de rotinas interpretadoras de comandos globais (LIS-TAR, UNIDADES);
- c. chamada de rotinas interpretadoras de comandos da etapa (CARREGAMENTOS, CARGAS EXTRAS, IMPRIMIR);
- d. 1ª classificação das cargas extras em CAEXTR;
- e. retorno ao módulo EXECUTIVO (na seleção dos comandos FIM ou ETAPA).

#### 5.5 - Módulo de ANALISE (subrotina ETANA)

##### 5.5.1 - Parâmetros

BEIXOX(1)	CLAPIN(1)
BEIXOY(1)	SECAO(1)
BPILAR(1)	FATS2(1)

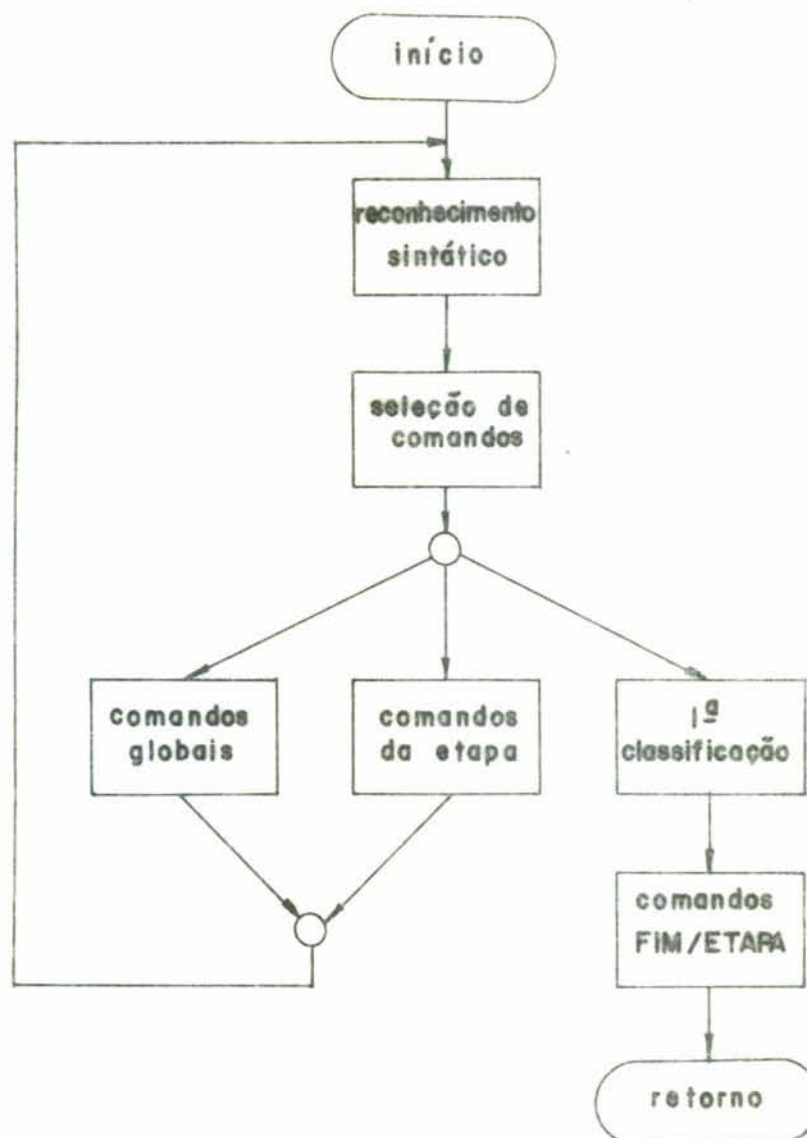


Figura 5.5 - Fluxo do módulo de CARGAS

BVIGA(1)	CARVIG(1)
BLAJE(1)	CARLAJ(1)
BPISO(1)	GAMEC(1)
BCLAPI(1)	CARHOR(1)
BSECAO(1)	ICALAJ(1)
EIXOX(1)	ICAVIG(1)
EIXOY(1)	ICATMP(1)
VIGAS(1)	CAEXTR(1)
IVIGAC(1)	IREVIN(1)
VIGAC(1)	IREVFI(1)
PILAR(1)	REALV(1)
LAJES(1)	ISEC(1)
PISOS(1)	SECALC(1)
CLAPI(1)	

Os parâmetros são passados diretamente às rotinas interpretadoras e de processamento, como argumentos.

#### 5.5.2 - Função

O módulo de ANÁLISE é encarregado da interpretação dos comandos da Etapa de Análise e da execução da análise secundária e da análise primária, através da chamada das subrotinas principais de cada tipo de análise.

#### 5.5.3 - Descrição

Os passos executados neste módulo são descritos a seguir, obedecendo ao fluxograma da figura 5.6:

- a. análise sintática e seleção dos comandos globais e da etapa;
- b. chamada de rotinas interpretadoras de comandos globais (LISTAR, UNIDADES);
- c. chamada de rotinas interpretadoras dos comandos da etapa (SEÇÕES DE CÁLCULO, ANÁLISE, IMPRIMIR);
- d. execução da análise secundária, com a geração dos arquivos de resultados (subrotina ANASEC);
- e. 2ª classificação das cargas extras e reações em CAEXTR;
- f. execução da análise primária, com a geração dos arquivos de esforços (subrotina ANAPRI);
- g. retorno ao módulo EXECUTIVO (na seleção dos comandos FIM ou ETAPA).



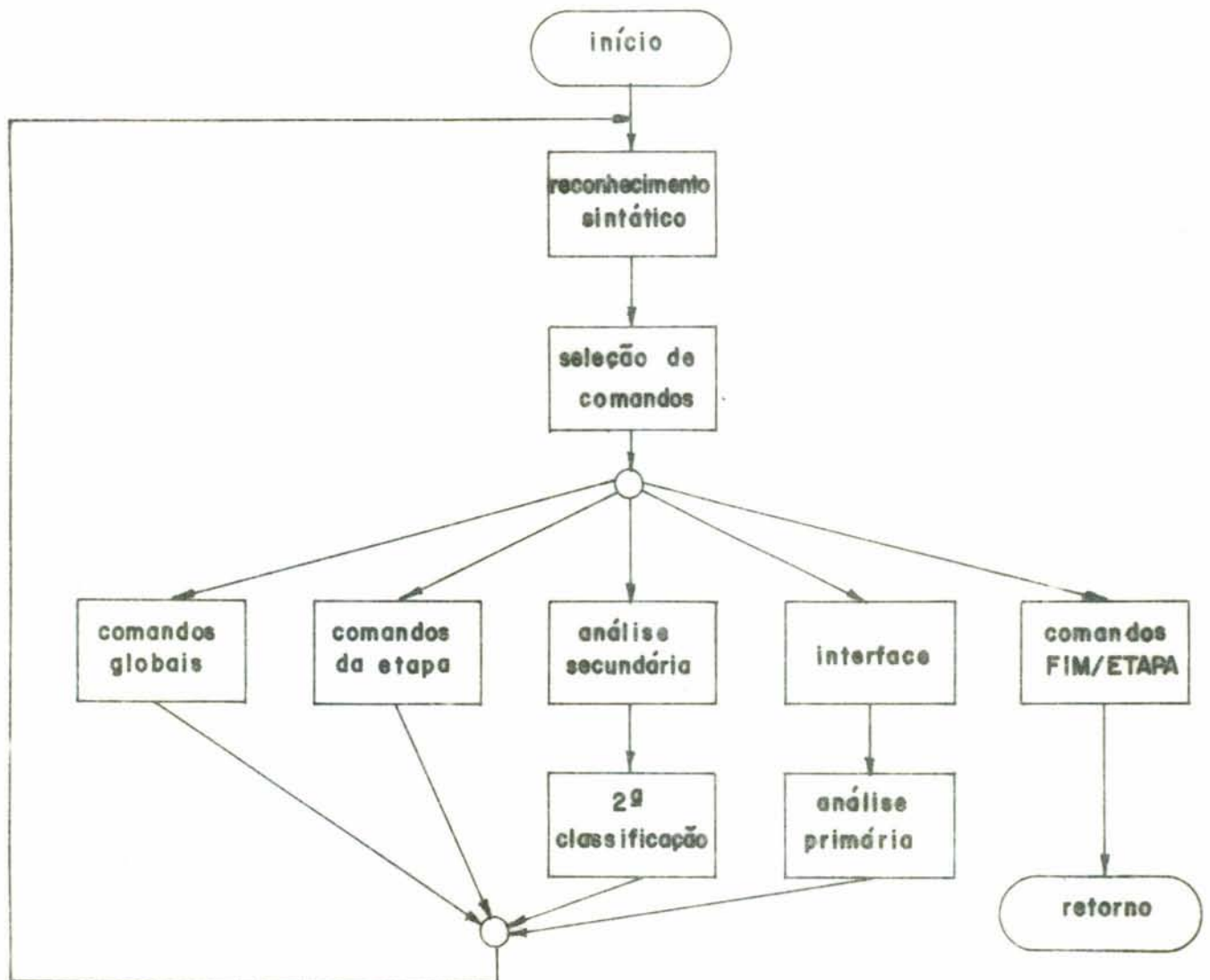


Figura 5.6 - Fluxo do módulo de ANÁLISE

## 5.6 - Módulo de DIMENSIONAMENTO (subrotina ETDIME)

### 5.6.1 - Parâmetros

BEIXOX(1)	VIGAS(1)
BEIXOY(1)	IVIGAC(1)
BPILAR(1)	VIGAC(1)
BVIGA(1)	PILAR(1)
BLAJE(1)	LAJES(1)
BPISO(1)	PISOS(1)
BCLAPI(1)	CLAPI(1)
BSECAO(1)	CLAPIN(1)
EIXOX(1)	SECAO(1)
EIXOY(1)	ISEC(1)
	SECALC(1)

### 5.6.2 - Função

O módulo de dimensionamento interpreta os comandos da Etapa de Dimensionamento e executa o dimensionamento das armaduras nas seções de cálculo dos elementos estruturais, através das rotinas de dimensionamento.

### 5.6.3 - Descrição

O fluxograma da figura 5.7 descreve os passos a seguir enumerados:

- análise sintática e seleção dos comandos globais e da etapa;
- chamadas das rotinas interpretadoras dos comandos globais (LISTAR, UNIDADES);
- chamada de rotinas interpretadoras dos comandos da etapa (DIMENSIONAMENTO, IMPRIMIR);
- execução do dimensionamento, com a geração dos arquivos de dimensionamento (subrotina DIMENS);
- retorno ao módulo EXECUTIVO (na seleção dos comandos FIM ou ETAPA).

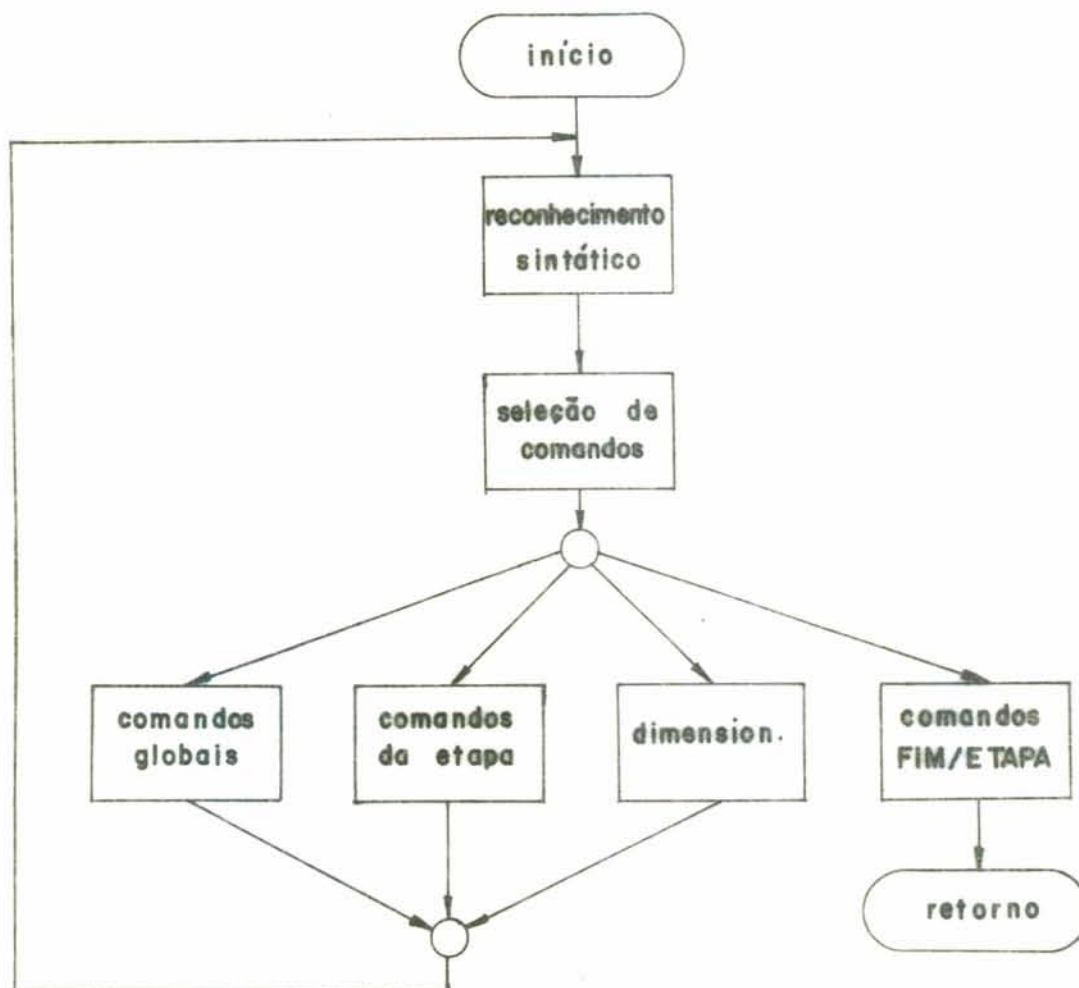


Figura 5.7 - Fluxo do mōdulo de DIMENSIONAMENTO

### 5.7 - Rotinas Interpretadoras

Estas rotinas sōo formadas por subrotinas FORTRAN chamadas pelos mōdulos e sōo encarregadas da interpretaçōo dos comandos da linguagem. As estruturas de dados sōo passadas como parâmetros às rotinas, devido ao esquema de alocaçōo adotado.

#### 5.7.1 - Rotinas Chamadas por Qualquer Mōdulo (comandos globais)

Os comandos globais sōo interpretados por estas rotinas, que sōo chamadas pelo mōdulo EXECUTIVO e pelos demais. Sōo as seguintes:

- a. subrotina FIM - comando FIM
- b. subrotina LIMIT - comando LIMITES
- c. subrotina LISTAR - comandos LISTAR e NĀO LISTAR
- d. subrotina TITUL - comando TITULO

e. subrotina UNIDAD - comando UNIDADES.

Os comandos globais MUDAR e NÃO MUDAR são interpretados diretamente pelos módulos.

#### 5.7.2 - Rotinas do Comando de GEOMETRIA

As rotinas a seguir interpretam os comandos de geometria, sendo formados por subrotinas chamadas pelo módulo de GEOMETRIA:

- a. subrotina CLASSP - comando CLASSE DE PISOS
- b. subrotina CLASSS - comando CLASSE DE SEÇÕES
- c. subrotina CONSTA - comando CONSTANTES
- d. subrotina EIXOS - comando EIXOS
- e. subrotina ELIMIN - comando ELIMINAR
- f. subrotina IMPGEO - comando IMPRIMIR GEOMETRIA
- g. subrotina LOCAL - comando LOCALIZAÇÃO
- h. subrotina PROPRI - comando PROPRIEDADES
- i. subrotina VICONT - comando VIGAS CONTÍNUAS
- j. subrotina VINCUL - comando VINCULAÇÃO

#### 5.7.3 - Rotinas do Módulo de CARGAS

Estas são as rotinas que interpretam os comandos de cargas, formadas por subrotinas chamadas pelo módulo de CARGAS:

- a. subrotina CARGAS - comando CARGAS EXTRAS
- b. subrotina CARREG - comando CARREGAMENTOS
- c. subrotina IMPCAR - comando IMPRIMIR CARGAS

#### 5.7.4 - Rotinas do Módulo de ANÁLISE

Estas rotinas são encarregadas, além da interpretação dos comandos de análise, também da execução da análise propriamente dita, secundária e primária. Compõem-se das subrotinas a seguir, chamadas pelo módulo de ANÁLISE:

- a. subrotina ANALIS - comando ANÁLISE
- b. subrotina ANAPRI - execução da análise primária
- c. subrotina ANASEC - execução da análise secundária
- d. subrotina IMPESF - comando IMPRIMIR ESFORÇOS
- e. subrotina SEÇÕES - comando SEÇÕES DE CÁLCULO

### 5.7.5 - Rotinas do Módulo de DIMENSIONAMENTO

As rotinas são formadas por subrotinas chamadas pelo módulo de DIMENSIONAMENTO, encarregadas da utilização dos comandos e execução do dimensionamento dos elementos estruturais.

Estas rotinas são as seguintes:

- a. subrotina DIMENS - comando DIMENSIONAMENTO
- b. subrotina IMPDIM - comando IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO

### 5.8 - Rotinas de Análise Sintática

Este conjunto de subrotinas e funções é responsável pelo reconhecimento sintático dos itens que formam os comandos.

As rotinas podem ser chamadas nos módulos EXECUTIVO, GEOMETRIA, CARGAS, ANÁLISE e DIMENSIONAMENTO e nas rotinas interpretadoras destes módulos. O COMMON/BLOC01/, juntamente com os parâmetros destas rotinas são usados na análise sintática. Cada uma destas rotinas é descrita a seguir.

#### 5.8.1 - Subrotina SCAN

##### 5.8.1.1 - Parâmetros

Não tem parâmetros.

##### 5.8.1.2 - Função

Lê um registro de FILE1 e imprime-o em FILE2. A seguir, identifica cada item sintático do comando, armazenando-o em TAB e o tipo respectivo em UTAB.

Inicializa o apontador de itens sintáticos ITA e o número de itens por comando, NDUNID.

#### 5.8.2 - Função Lógica SCEXIS (L, INCLUI, BITS, MAXI)

##### 5.8.2.1 - Parâmetros

L - inteiro: número do eixo, pilar, viga, piso, classe de piso, classe de seção

INCLUI - inteiro: 0 - não criar o elemento, se não existir

1 - criar o elemento, se não existir

## BITS(MAXI)

- inteiro: coluna do array de bits correspondente ao piso ou classe de piso do elemento L ou todo o array de bits, no caso de eixos, pisos, classes de pisos ou classes de seções.

MAXI - inteiro: número de palavras em BITS

## 5.8.2.2 - Função

Verifica no array de bits se o elemento L existe, devolvendo .TRUE. se existir. Se não existir, devolve .FALSE. se INCLUI = 0 ou se não houver espaço em BITS para a criação de novo elemento. Em caso contrário, i.é., se INCLUI = 1, cria o elemento em BITS e devolve .TRUE.

Ex.: SCEXIS (I,0,BLAJE(1,J),MXL)

Devolve .TRUE. se a laje I foi definida na classe de pisos J, senão devolve .FALSE.

## 5.8.3 - Função Lógica SCHAVE (ITEM, JTA, IADD)

## 5.8.3.1 - Parâmetros

ITEM - inteiro: código da palavra-chave

JTA - inteiro: apontador do item sintático

IADD - inteiro: incremento a somar a JTA, após testar o item sintático.

## 5.8.3.2 - Função

Verifica em UTAB(JTA) se o item é palavra-chave (tipo 3). Se for, devolve TAB(JTA) em ITEM, soma IADD a JTA e devolve .TRUE. Se não, devolve .FALSE.

## 5.8.4 - Função Lógica SCINT (ITEM, JTA, IADD)

## 5.8.4.1 - Parâmetros

ITEM - inteiro: valor inteiro

JTA - inteiro: apontador do item sintático

IADD - inteiro: incremento a somar a JTA, após testar o item sintático.



N - inteiro:  
                                   número de elementos na lista.

A dimensão MX de LIST é dada por:

MX = MAXØ(MXEX, MXY) para eixos

MX = MAXØ(MXPI, MXCPI) para pisos e classes de pisos

MX = MAXØ(MXV, MXL, MXP, MXS) para pilares, vigas, lajes  
                                   e classes de seções.

#### 5.8.6.2 - Função

Obtém em TAB uma lista de elementos (eixos, pilares, vigas, lajes, pisos, classes de pisos, classes de seções), devolvendo os números respectivos em LIST e o número de elementos encontrados em N.

A pesquisa pára quando um item não inteiro é encontrado.

A lista deve ser formada segundo a sintaxe indicada em 4.3.1.

#### 5.8.7 - Função Lógica SCOMP (ICOMP, JTA, IADD)

##### 5.8.7.1 - Parâmetros

ICOMP - inteiro:  
                                   código da palavra-chave

JTA - inteiro:  
                                   apontador do item sintático

IADD - inteiro:  
                                   incremento a somar a JTA, após o teste.

##### 5.8.7.2 - Função

Compara o valor da palavra-chave em ICOMP com o de TAB(JTA). Se iguais, soma IADD a JTA e devolve .TRUE. Se não, devolve .FALSE.

Se o item apontado por JTA não for palavra-chave, devolve .FALSE.

#### 5.8.8 - Função Lógica SCREAL (RITEM, JTA, IADD)

##### 5.8.8.1 - Parâmetros

RITEM - real: valor real

JTA - inteiro: apontador do item sintático



IADD - inteiro: incremento a ser somado a JTA, após o teste.

#### 5.8.8.2 - Função

Verifica em UTAB(JTA) se o item é valor inteiro ou real. Se for, devolve-o em RITEM, soma IADD a JTA e devolve .TRUE. Caso contrário, devolve .FALSE.

#### 5.8.9 - Subrotina SCTODO (LIST,N,BITS,MAXI)

##### 5.8.9.1 - Parâmetros

LIST(MX) - inteiro: número dos elementos na lista  
 N - inteiro: número dos elementos na lista  
 BITS(MAXI) - inteiro: coluna do array de bits correspondente ao piso ou classe de piso dos elementos ou todo o array de bits, no caso de eixos, pisos, classes de seções ou classes de pisos  
 MAXI - inteiro: número de palavras na coluna de bits.

##### 5.8.9.2 - Função

Verifica no array de bits todos os elementos existentes, correspondentes a esse array, e devolve-os em LIST, armazenando em N o número de elementos em LIST.

Ex.: CALL SCTODO (LIST,N,BVIGA(1,I),MXV)

Devolve o número de todas as vigas definidas na classe de pisos I.

#### 5.9 - Rotinas Utilitárias

As utilitárias são rotinas com finalidades diversas, que podem ser chamadas por qualquer rotina ou módulo. A maioria destas rotinas utiliza apenas os parâmetros, embora algumas tenham acesso também às estruturas de dados globais.

##### 5.9.1 - Subrotina ALOCA3(K,L)

###### 5.9.1.1 - Parâmetros

K - inteiro: número da estrutura a alocar (índice de

IEND3 e ITAM3)

L - inteiro: número de palavras a alocar.

#### 5.9.1.2 - Função

Aloca a estrutura de número K no array global BLOC03. O número da palavra de BLOC03 em que inicia a alocação é armazenada em IEND3(K) e L, o número de palavras alocadas, é armazenada em ITAM3(K).

MAX3, número máximo de palavras em BLOC03 é verificado para o *overflow* e MAX, número de palavras alocadas, é atualizado.

#### 5.9.2 - Função Lógica BIT(IPAL,IBITV)

##### 5.9.2.1 - Parâmetros

IPAL - inteiro: palavra selecionada para acesso aos bits.

IBITV - inteiro: número do bit (relativo a 1) que se deseja testar.

##### 5.9.2.2 - Função

Devolve o valor do bit IBITV na palavra IPAL. Se o valor for 1, devolve .TRUE. e se for 0, devolve .FALSE.

#### 5.9.3 - Subrotina BITOFF(IPAL, IBITV)

##### 5.9.3.1 - Parâmetros

IPAL - inteiro: palavra selecionada para acesso aos bits

IBITV - inteiro: número do bit (relativo a 1) que deve ser desligado.

##### 5.9.3.2 - Função

Desliga o bit IBITV da palavra IPAL, fazendo-o igual a 0 (.FALSE.).

#### 5.9.4 - Subrotina BITON (IPAL, IBITV)

##### 5.9.4.1 - Parâmetros

IPAL - inteiro: palavra selecionada para acesso aos bits.

IBITV - inteiro: número do bit (relativo a 1) que deve ser ligado.

#### 5.9.4.2 - Função

Liga o bit IBITV da palavra IPAL, fazendo-o igual a 1 (.TRUE.).

#### 5.9.5 - Subrotina DUMP3 (I1, L)

##### 5.9.5.1 - Parâmetros

I1 - inteiro: palavra inicial da área de BLOC03 a listar

L - inteiro: tamanho, em palavras, da área a listar.

##### 5.9.5.2 - Função

Esta subrotina lista, no arquivo FILE3, em blocos de 10 palavras, o conteúdo de BLOC03, iniciando na palavra I1, por L palavras. Cada palavra é listada nos formatos I13, E12.6 e Z13.

O uso desta subrotina está restrito, normalmente, à fase de desenvolvimento do sistema.

#### 5.9.6 - Subrotina ERRO(IERR, I, J)

##### 5.9.6.1 - Parâmetros

IERR - inteiro: número do erro

I - inteiro: valor a listar

J - inteiro: valor a listar

##### 5.9.6.2 - Função

Imprime no arquivo FILE2 a mensagem de erro correspondente ao erro número IERR. O texto da mensagem é obtido no arquivo FILE4, no registro correspondente ao número do erro.

O valor dos parâmetros I e J, se diferentes de 0, são impressos junto com o texto. É impresso também um \* em uma linha em branco, na posição correspondente a ICOL(ITA), para marcar a posição do item sintático em erro.

### 5.9.7 - Subrotina LIBER3 (K)

#### 5.9.7.1 - Parâmetro

K - inteiro: número da estrutura a liberar no array BLOC03

#### 5.9.7.2 - Função

Desaloca a estrutura de número K, liberando a área correspondente em BLOC03. Os conteúdos de IEND3(K) e ITAM3(K) são gerados e a área liberada é ocupada pelas estruturas alocadas a seguir, que são deslocadas para a frente, seguidas das correspondentes atualizações em IEND3 e ITAM3.

### 5.9.8 - Subrotina STATUS (IPI,IC,IV,IE,IP,IL,IS)

#### 5.9.8.1 - Parâmetros

IPI - inteiro: número do piso atual  
 IC - inteiro: número do estado de cargas atual  
 IV - inteiro: número da viga atual  
           positivo - X  
           negativo - Y  
 IE - inteiro: número do eixo atual  
           positivo - X  
           negativo - Y  
 IP - inteiro: número do pilar atual  
 IL - inteiro: número da laje atual  
 IS - inteiro: número da classe de seção atual

#### 5.9.8.2 - Função

Serve como complemento da rotina ERRO. Imprime o estado atual do sistema, i.é.: número do piso, número do estado de cargas, número da viga, número do eixo, número do pilar, número da laje e número da classe de seção. Os valores são tomados dos parâmetros.

## 5.10 - Rotinas Auxiliares

São rotinas de uso restrito ao módulo EXECUTIVO, aos demais módulos ou a alguma rotina específica, não podendo ser

livremente empregados. Sua descrição não é necessária, pois es  
tão suficientemente documentadas no código. Os usuários que ne  
cessitem empregá-las deverão, como pré-requisito, estar familiari  
zados com o sistema.

## 6. CONCLUSÕES

A experiência com sistemas de análise estrutural tem demonstrado a extrema importância desempenhada por uma linguagem orientada na definição do problema. A flexibilidade oferecida ao engenheiro no fornecimento dos dados em termos correntes de engenharia, expande o potencial de utilização do sistema, sem exigir do usuário conhecimento de processamento de dados.

As facilidades de geração automática de dados, aliadas à utilização de valores que não necessitam ser fornecidos, exceto quando diferentes dos valores-padrões, retiram do usuário a responsabilidade sobre tarefas repetitivas e tediosas, que agora passam a ser executadas pelo sistema.

A amplitude da capacidade de detecção de erros de consistência no fornecimento dos dados, além da natural verificação de sintaxe nos comandos, diminui a possibilidade de enganos na definição da geometria e das cargas, elevando, por outro lado, a confiabilidade do sistema a níveis muito mais seguros que em um esquema tradicional de fornecimento dos dados.

Tão importante para o sistema quanto a linguagem orientada é a organização do armazenamento dos dados de um problema. O módulo EXECUTIVO, na função de gerenciar os dados do sistema, estabelece um centro focal para os diversos módulos.

Outra importante função do EXECUTIVO, não encontrada normalmente em simples programas de análise, é a de controle da execução do sistema, como interpretador do programa escrito na linguagem orientada. Esta organização também permite a inclusão de novas funções ao sistema, através da definição de novos comandos e da adição de novos módulos ao substrato proporcionado pelo EXECUTIVO.

Quanto à abrangência, acredita-se que a maior parte dos problemas estruturais de edifícios correntes é atendida pelo sistema no seu grau atual de desenvolvimento. É de se consi

derar, entretanto, a inclusão de procedimentos para a análise de grelhas, dentro da análise secundária. O dimensionamento de seções não retangulares ainda está em aberto, bem como o dimensionamento de vigas retangulares como seção T, considerando-se as lajes adjacentes como flanges da viga. Outra facilidade considerada desejável é a aceitação de eixos não ortogonais, bem como de geometrias curvas.

Em versões para instalações que suportem saída gráfica, reputa-se como extremamente importante esta capacidade, tanto na fase de conferência de dados quanto na fase de saída de resultados, fornecendo diagramas de esforços e desenhos finais de detalhamento.

No projeto do sistema, considerou-se a possibilidade de equipá-lo com processamento conversacional. Esta modalidade de fornecimento de dados, entretanto, não foi julgada adequada para um sistema do porte do PROADE, uma vez que um editor de textos razoável, usualmente disponível em instalações com teleprocessamento, permite gerar o arquivo com os comandos do problema para um processamento em RJE ou *batch*, liberando do engenheiro a tarefa de dialogar com a máquina, mais adequada a microcomputadores ou a sistemas dedicados.

Por último, é importante destacar que ficou em aberto a análise e dimensionamento de pilares não pertencentes aos pórticos, embora previsto na linguagem e que, uma vez atendida essa necessidade, o prosaico mas significativo segmento de projeto de edifícios submetidos apenas a cargas verticais estaria plenamente satisfeito, sem onerar os custos com uma análise primária desnecessária neste caso.

## APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Este exemplo descreve os dados e o programa PROADE resultante, para a análise e dimensionamento de um edifício de concreto armado com 14 pavimentos, analisado para as cargas verticais de peso próprio, carga accidental, carga extra e carga de vento agindo nas direções X e Y. No eixo de simetria considerou-se uma junta de dilatação. Os pavimentos-tipo do edifício estão indicados nas figuras A.1 e A.2.

Os dados são os seguintes:

### a. limites do sistema

eixos X = 12; eixos Y = 8; pisos = 14; classes de pisos = 3; pilares = 35 por piso; vigas = 81 por classe de piso; lajes = 45 por classe de piso; vigas contínuas = 1 por classe de piso; classes de seções = 9; estados de cargas extras = 1

### b. unidades

São utilizadas as unidades-padrões do sistema: metro, newton, megapascal e segundo.

### c. constantes dos materiais, geométricas, de carga e de cálculo

São empregadas as constantes-padrões, exceto as seguintes:

FCK = 18,3 MPa; POISSON = 0,25

### d. classes de seções

Definem-se as classes de seções abaixo, para serem empregadas na descrição das propriedades dos pilares e vigas:

<u>classe</u>	<u>tipo</u>	<u>parâmetros</u>
1	retangular	0,20 x 0,20
2	retangular	0,30 x 0,30
3	retangular	0,30 x 0,40
4	retangular	0,30 x 0,50
5	retangular	0,15 x 0,30
6	retangular	0,15 x 0,40
7	retangular	0,20 x 0,50



<u>classe</u>	<u>tipo</u>	<u>parâmetros</u>
8	retangular	0,30 x 0,60
9	L	0,20 x 0,30 x 0,35 x 0,35

e. eixos

São definidos conforme a Fig. A.1, sendo secundários os eixos X 3, 5, 7, 10 e 11 e primários os demais.

f. propriedades dos pisos

Os pisos são numerados de cima para baixo. A única propriedade fornecida é ALTURA. As demais permanecem iguais a zero.

pisos 1 a 11 - ALTURA = 3,00 m

pisos 12, 13 e 14 - ALTURA = 3,50 m

g. classe de pisos

São definidas 3 classes de pisos:

classe 1 - pisos 12, 13 e 14: Lojas dos pavimentos 1, 2 e 3

classe 2 - pisos 2 a 11: Escritórios dos pavimentos 4 a 13

classe 3 - piso 1: Cobertura

h. localização e vinculação dos elementos estruturais

Conforme indicação nas figuras A.1 e A.2.

i. método de cálculo das lajes

Para todas as lajes, será empregado o método das linhas de ruptura.

j. vigas contínuas

São definidas por classe de pisos, indicando-se o número dos vãos que as compõem:

classe de piso 1

viga contínua 1: 9, 10, 11

classes de pisos 2 e 3

viga contínua 2: 6, 7, 8

k. propriedades dos pilares

As propriedades dos pilares são fornecidas por piso. É dada apenas a classe de SEÇÃO, permanecendo as demais iguais a zero.

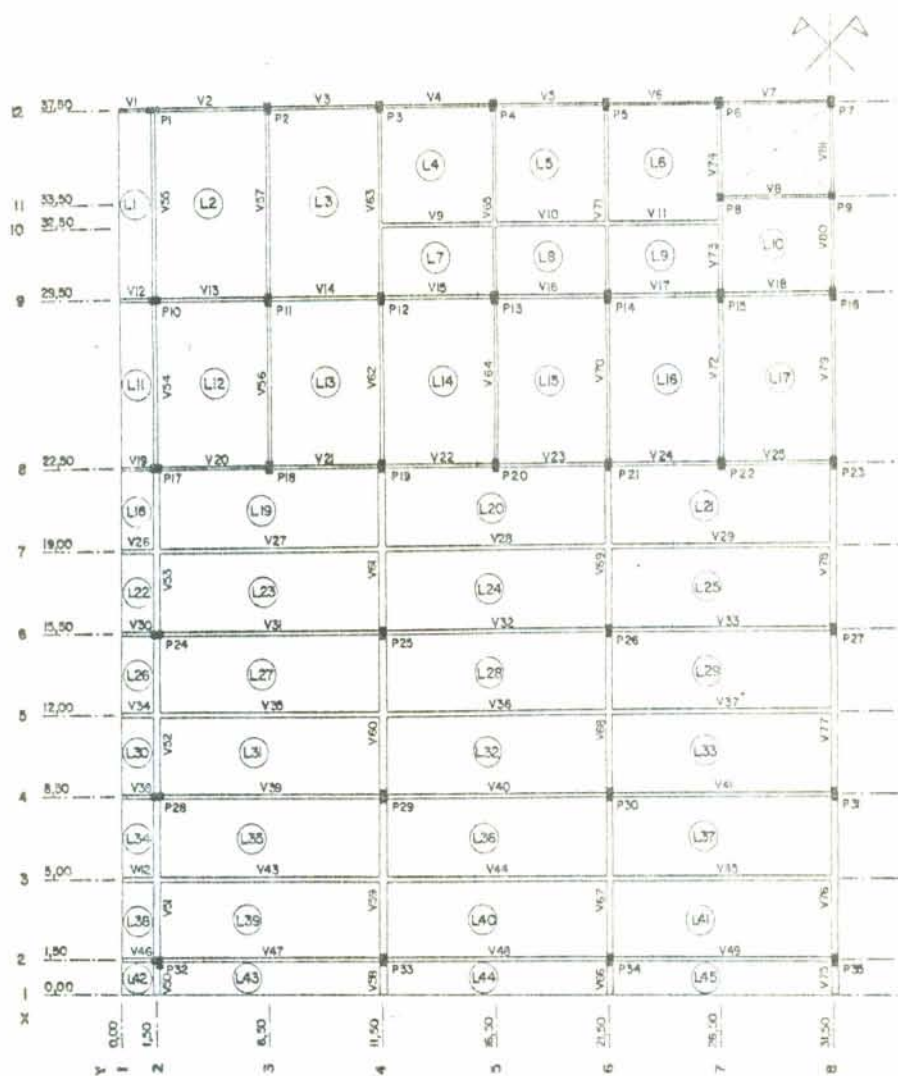


Figura A.1 - Esquema da estrutura  
Classe de pisos 1

pisos 1 a 5

SEÇÃO = 3, para pilares 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23

SEÇÃO = 1, para pilares 8 e 9

pisos 6 a 11

SEÇÃO = 3, para pilares 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23

SEÇÃO = 2, para pilares 8 e 9

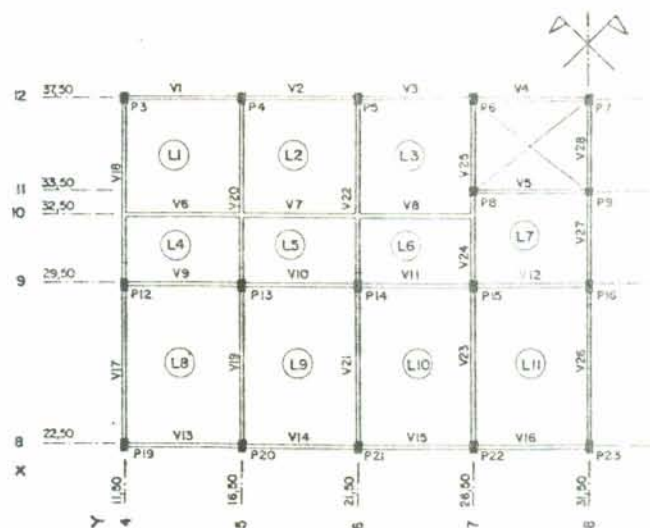


Figura A.2 - Esquema da estrutura  
Classes de pisos 2 e 3

#### pisos 12 a 14

SEÇÃO = 3, para pilares 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 19,  
20, 21, 22, 23

SEÇÃO = 4, para pilares 1, 2, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 24, 25, 26,  
27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35

SEÇÃO = 9, POSIÇÃO = 3, para pilar 32

em todos os pisos, POSIÇÃO = 2 para os pilares 1, 10, 17, 24,  
28.

#### 1. propriedades de vigas

São fornecidas as propriedades classe de SEÇÃO e ALTURA, por  
classe de pisos.

#### classe de pisos 1

SEÇÃO = 6, ALTURA = -0,20 m, para vigas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,  
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18,  
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 54, 55, 56,  
57, 62, 63, 64, 65, 72, 73, 74, 79, 80,  
81

SEÇÃO = 7, ALTURA = -0,25 m, para vigas 26, 27, 28, 29, 30, 31,  
32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,  
42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

SEÇÃO = 8, ALTURA = -0,30 m, para vigas 50, 51, 52, 53, 58, 59,  
60, 61, 66, 67, 68, 69, 75, 76, 77, 78

classes de pisos 2 e 3

SEÇÃO = 5, ALTURA = -0,15 m, para vigas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,  
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

SEÇÃO = 6, ALTURA = -0,20 m, para vigas 17, 18, 19, 20, 21, 22,  
23, 24, 25, 26, 27, 28

m. propriedades das lajes

Para todas as lajes de todas as classes de pisos, considera-se  
ESPESSURA = 0,12 m.

n. fator  $s_2$  para pisos

<u>piso</u>	<u>fator <math>s_2</math></u>	<u>piso</u>	<u>fator <math>s_2</math></u>
1	0,943	8	0,792
2	0,929	9	0,765
3	0,314	10	0,739
4	0,900	11	0,712
5	0,880	12	0,681
6	0,850	13	0,646
7	0,821	14	0,610

o. cargas permanentes e acidentais em lajes

classe de pisos 1

estado de sobrecarga 0, carga permanente =  $0,70 \text{ kN/m}^2$ , carga aci-  
dental =  $5,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 1, 3, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 18,  
20, 23, 25, 26, 28, 31, 33, 34, 36, 39, 41,  
42, 44.

estado de sobrecarga 1, carga permanente =  $0,70 \text{ kN/m}^2$ , carga aci-  
dental =  $5,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 2, 4, 6, 10, 11, 13, 15, 17, 19,  
21, 22, 24, 27, 29, 30, 32, 35, 37, 38, 40,  
43, 45

classe de pisos 2

estado de sobrecarga 0, carga permanente =  $0,50 \text{ kN/m}^2$ , carga acidental =  $4,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 1, 3, 5, 7, 8, 10

estado de sobrecarga 1, carga permanente =  $0,50 \text{ kN/m}^2$ , carga acidental =  $4,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 2, 4, 6, 9, 11

classe de pisos 3

estado de sobrecarga 0, carga permanente =  $1,00 \text{ kN/m}^2$ , carga acidental =  $2,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 1, 3, 5, 7, 8, 10

estado de sobrecarga 1, carga permanente =  $1,00 \text{ kN/m}^2$ , carga acidental =  $4,00 \text{ kN/m}^2$ , para lajes 2, 4, 6, 9, 11

p. cargas permanentes em vigasclasse de pisos 1

carga =  $10,0 \text{ kN/m}$ , para vigas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

carga =  $1,2 \text{ kN/m}$ , para todas as vigas exceto as acima.

classe de pisos 2

carga =  $2,0 \text{ kN/m}$ , para vigas 1, 2, 3, 13, 14, 15, 16

carga =  $6,3 \text{ kN/m}$ , para vigas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

carga =  $11,0 \text{ kN/m}$  para vigas 4, 17, 18

q. cargas extras em vigasclasse de pisos 2

estado de cargas extras 1, carga CONCENTRADA  $10,0 \text{ kN}$  a  $2,0 \text{ m}$  do apoio esquerdo, para vigas 25 a 28

classe de pisos 3

estado de cargas extras =, carga UNIFORME  $30,0 \text{ kN/m}$ , para vigas 4, 5, 25 a 28

r. seções de cálculo

Em todas as vigas, de todas as classes de pisos, são empregadas 10 seções de cálculo, incluindo os apoios extremos.

A Fig. A.3 mostra o programa PROADE para o exemplo acima, na forma como foi processada pelo sistema.



```

LOCALIZACAO CLASSE DE FISSAS DE VIGAS
1 ATE 7 FISSA X 10 Y 7 5
8 FISSA X 11 Y 7 5
9 10 11 FISSA X 10 Y 4 ATE 7
12 ATE 14 FISSA X 9 Y 1 ATE 8
19 ATE 25 FISSA X 5 Y 1 ATE 4
26 ATE 29 FISSA X 7 Y 1 2 4 8 9
30 ATE 33 FISSA X 6 Y 1 2 4 8 9
34 ATE 37 FISSA X 5 Y 1 2 4 8 9
38 ATE 41 FISSA X 4 Y 1 2 4 8 9
42 ATE 45 FISSA X 3 Y 1 2 4 8 9
46 ATE 49 FISSA X 2 Y 1 2 4 8 9
50 ATE 55 FISSA Y 2 X 1 2 4 8 9 11
56 57 FISSA Y 3 X 2 4
58 ATE 63 FISSA Y 4 X 1 2 4 8 9 11
64 65 FISSA Y 5 X 2 4
66 ATE 71 FISSA Y 6 X 1 2 4 8 9 11
72 73 74 FISSA Y 7 X 4 8 11 12
75 ATE 81 FISSA Y 8 X 1 2 4 8 9 11 12
LACOS
1 FISSAS 4 2 12 1 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 3 12 3 VIGAS 4 2 4 4
3 FISSAS 4 4 12 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
5 FISSAS 10 8 12 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
7 FISSAS 4 8 10 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
10 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 11 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
12 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 13 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
14 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 15 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
18 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 17 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
18 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 19 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
20 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 21 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
22 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 23 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
24 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 25 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
26 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 27 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
28 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 29 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
30 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 31 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
32 FISSAS 7 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 33 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
34 FISSAS 1 2 4 1 VIGAS 4 1 14 2 35 FISSAS 3 4 1 VIGAS 4 2 4 4
36 FISSAS 1 2 4 1 VIGAS 4 1 14 2 37 FISSAS 3 4 1 VIGAS 4 2 4 4
38 FISSAS 2 3 1 VIGAS 4 1 14 2 39 FISSAS 4 3 1 VIGAS 4 2 4 4
40 FISSAS 2 3 4 VIGAS 4 1 14 2 41 FISSAS 2 3 4 VIGAS 4 2 4 4
42 FISSAS 1 2 1 VIGAS 4 1 14 2 43 FISSAS 1 2 1 VIGAS 4 2 4 4
44 FISSAS 1 2 4 VIGAS 4 1 14 2 45 FISSAS 1 2 4 VIGAS 4 2 4 4
LOCALIZACAO CLASSE DE FISSAS DE BARRAS
1 ATE 4 FISSA X 12 Y 4 ATE
5 FISSA X 11 Y 7 5
6 ATE 8 FISSA X 10 Y 4 ATE 7
9 ATE 12 FISSA X 9 Y 1 ATE 8
13 ATE 16 FISSA X 5 Y 1 ATE 4
17 14 FISSA Y 8 X 2 4 8 12
19 20 FISSA Y 5 X 2 4 8 12
21 22 FISSA Y 6 X 2 4 8 12
23 24 25 FISSA Y 7 X 4 8 11 12
26 27 28 FISSA Y 8 X 1 2 4 8 11 12
LACOS
1 FISSAS 10 8 12 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
3 FISSAS 10 8 12 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
5 FISSAS 4 8 10 3 VIGAS 4 1 14 2 FISSAS 4 1 12 3 VIGAS 4 2 4 4
7 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 11 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
9 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4 19 FISSAS 5 7 1 VIGAS 4 2 4 4
11 FISSAS 4 8 11 7 VIGAS 4 4 4 4
VINCULACAO CLASSE DE FISSAS 1
VIGAS 1 12 13 26 10 14 37 12 46 50 13 25 7 1 1
CAS DEMAIS EM VIGAS ACAD A 4
VIGAS CONTINUAS CLASSE DE FISSAS 1
X 10 11
VIGAS CONTINUAS CLASSE DE FISSAS 2 7
5 7 8

```

Figura A.3 - Listagem do programa PROADE (continuação).

```

PRORRIEDADES MINDS 1 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
4 4 SECAO 1
PRORRIEDADES MINDS 2 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150
4 4 SECAO 2
PRORRIEDADES MINDS 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200
32 SECAO + POSICAO 3
PRORRIEDADES MINDS 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250
1 10 17 24 31 38 45 52 59 66 73 80 87 94 101 108 115 122 129 136 143 150 157 164 171 178 185 192 199 206 213 220 227 234 241 248 255 262 269 276 283 290 297 304 311 318 325 332 339 346 353 360 367 374 381 388 395 402 409 416 423 430 437 444 451 458 465 472 479 486 493 500 507 514 521 528 535 542 549 556 563 570 577 584 591 598 605 612 619 626 633 640 647 654 661 668 675 682 689 696 703 710 717 724 731 738 745 752 759 766 773 780 787 794 801 808 815 822 829 836 843 850 857 864 871 878 885 892 900 907 914 921 928 935 942 949 956 963 970 977 984 991 998 1005
PRORRIEDADES CLASSE 22 MINDS 11 VIGAS
1 ATE 28 29 ATE 37 38 ATE 45 46 ATE 53 54 ATE 61 62 ATE 69 70 ATE 77 78 ATE 85 86 ATE 93 94 ATE 101 102 ATE 109 110 ATE 117 118 ATE 125 126 ATE 133 134 ATE 141 142 ATE 149 150 ATE 157 158 ATE 165 166 ATE 173 174 ATE 181 182 ATE 189 190 ATE 197 198 ATE 205 206 ATE 213 214 ATE 221 222 ATE 229 230 ATE 237 238 ATE 245 246 ATE 253 254 ATE 261 262 ATE 269 270 ATE 277 278 ATE 285 286 ATE 293 294 ATE 301 302 ATE 309 310 ATE 317 318 ATE 325 326 ATE 333 334 ATE 341 342 ATE 349 350 ATE 357 358 ATE 365 366 ATE 373 374 ATE 381 382 ATE 389 390 ATE 397 398 ATE 405 406 ATE 413 414 ATE 421 422 ATE 429 430 ATE 437 438 ATE 445 446 ATE 453 454 ATE 461 462 ATE 469 470 ATE 477 478 ATE 485 486 ATE 493 494 ATE 501 502 ATE 509 510 ATE 517 518 ATE 525 526 ATE 533 534 ATE 541 542 ATE 549 550 ATE 557 558 ATE 565 566 ATE 573 574 ATE 581 582 ATE 589 590 ATE 597 598 ATE 605 606 ATE 613 614 ATE 621 622 ATE 629 630 ATE 637 638 ATE 645 646 ATE 653 654 ATE 661 662 ATE 669 670 ATE 677 678 ATE 685 686 ATE 693 694 ATE 701 702 ATE 709 710 ATE 717 718 ATE 725 726 ATE 733 734 ATE 741 742 ATE 749 750 ATE 757 758 ATE 765 766 ATE 773 774 ATE 781 782 ATE 789 790 ATE 797 798 ATE 805 806 ATE 813 814 ATE 821 822 ATE 829 830 ATE 837 838 ATE 845 846 ATE 853 854 ATE 861 862 ATE 869 870 ATE 877 878 ATE 885 886 ATE 893 894 ATE 901 902 ATE 909 910 ATE 917 918 ATE 925 926 ATE 933 934 ATE 941 942 ATE 949 950 ATE 957 958 ATE 965 966 ATE 973 974 ATE 981 982 ATE 989 990 ATE 997 1000
LAJES: TODOS ESPESURA 12
PRORRIEDADES CLASSE 22 MINDS 11 VIGAS
1 ATE 16 SECAO 1 ALFUMA 10.15
17 ATE 24 SECAO 2 ALFUMA 10.20
LAJES: TODOS ESPESURA 12
IMPRIMIR GEOMETRIA TODOS

ETAPA DE CARGAS
CAMPOAMENTO CLASSE 22 MINDS 1
LAJES 1 ATE 4 CAIXA 0.16 ATE 20 CAIXA 0.23 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
LAJES 2 4 6 10 11 15 19 17 19 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81 85 89 93 97 101
18 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 100
VIGAS 1 ATE 7 CAIXA 1.50
VIGAS 10-19 MINDS 1 ATE 7 ALFUMA 1.20
CAMPOA ESTD CLASSE 22 MINDS
LAJES 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 81 83 85 87 89 91 93 95 97 99 100
LAJES 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 100
VIGAS 1 ATE 3 CAIXA 1.50
VIGAS 5 ATE 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 100
VIGAS 4 17 19 CAIXA 11.20
CAMPOAMENTO CLASSE 22 MINDS 1
LAJES 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 81 83 85 87 89 91 93 95 97 99 100
LAJES 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 100
CARGAS EXTRAS 1 CLASSE 22 MINDS 1
VIGAS 25 26 CONCENTRADA 10. 2.00
CARGAS EXTRAS 1 CLASSE 22 MINDS 1
VIGAS 4 5 25 26 ALFUMA 30.00
IMPRIMIR CARGAS

ETAPA DE ANALISE
SECOES DE CALCULO
TODOS SECOES 10
ANALISE
IMPRIMIR ANALISE
ETAPA DE DIMENSIONAMENTO
DIMENSIONAR ANÁLISES 1-10
IMPRIMIR DIMENSIONAMENTO
FIM

FINAL DE EXECUCAO - INIZIANDO 1-1 01 1 10

EDIFICIO DE LOJAS E ESCRITÓRIOS

CARTÕES LIGAS: 1-10
FRONT: 1

TEMPOS = PROCESSAMENTO TOTAL: 11.4 SEC
ENTRADA/SAÍDA: 1.0 SEC
ANALISE SECCOES/1-10: 1.0 SEC
ANALISE PRIMA/1-10: 0.20 SEC
DIMENSIONAMENTO: 0.20 SEC
OCORRÊNCIA DE ERROS: 0.124 SEC

```

Figura A.3 - Listagem do programa PROADE  
(continuação).



APÊNDICE B - RESUMO DOS DADOS DE UM PROBLEMA PROADE

Os dados abaixo são indicados na ordem em que devem ser fornecidos no programa PROADE

Dado	Comando	Definido por				
		piso	cl.piso	pilar	viga	laje
<u>Limites do sistema</u> eixos X eixos Y pisos classes de pisos pilares vigas lajes vigas contínuas classes de seções estados de cargas extras	LIMITES					
Unidades	UNIDADES					
<u>Constantes dos materiais</u> ES GS FCK FCD FYK FYD ACO POI	CONSTANTES					
<u>Constantes geométricas</u> HS	CONSTANTES					

Quadro B.1

continua

Dado	Comando	Definido por				
		piso	cl. piso	pilar	viga	laje
<u>Constantes de cargas e de cálculo</u> CPS CAS PS GAMA GFP GFQ GFW GFEQ VØ S1 RK1 RK2 TØ	CONSTANTES					
Classes de seções	CLASSE DE SEÇÕES					
Eixos primários X Eixos primários Y Eixos secundários X Eixos secundários Y						
Propriedades de pisos	PROPRIEDADES					
Classes de pisos	CLASSE DE PISOS					
Localização de pilares	LOCALIZAÇÃO	X		X		
Localização de vigas	LOCALIZAÇÃO		X		X	

Dados	Comando	Definido por				
		piso	cl. piso	pilar	viga	laje
Localização de lajes	LOCALIZAÇÃO		X			X
Vinculação de lajes	LOCALIZAÇÃO VINCULAÇÃO		X			X
Método de cálculo de lajes	LOCALIZAÇÃO		X			X
Vinculação de vigas	VINCULAÇÃO		X		X	
Vigas contínuas	VIGAS CONTÍNUAS		X			
Propriedades de pilares	PROPRIEDADES	X		X		
Propriedades de vigas	PROPRIEDADES		X		X	
Propriedades de lajes	PROPRIEDADES		X		X	
<u>Carga em lajes</u> cargas permanentes cargas acidentais	CARREGAMENTO		X			X
cargas extras	CARGAS EXTRAS		X			X
<u>Cargas em vigas</u> cargas permanentes	CARREGAMENTO		X		X	
cargas extras	CARGAS EXTRAS		X		X	
<u>Cargas horizontais</u> cargas de vento	FATOR S2 CONSTANTES	X				
cargas de sismo	PROPRIEDADES CONSTANTES	X				

Quadro B.1 (continuação)

continua

Dado	Comando	Definido por				
		pisos	cl. piso	pilar	viga	taje
cargas extras	CARGAS EXTRAS	X				
Seções de cálculo	SEÇÕES DE CÁLCULO					

Quadro B.1 (continuação)

APÊNDICE C - RESUMO DAS ESTRUTURAS DE DADOS DO SISTEMA

Nome	Dimensões	inteiro					ordem	Descrição item
		real	lógico	/BLOC01/	/BLOC02/	/BLOC03/		
BCLAPI	MXCPI	X					X 7	3.4.7.
BEIXOX	MXEX	X					X 1	3.4.1.
BEXOY	MXEY	X					X 2	3.4.2.
BLAJE	MXL, MXCPI	X					X 5	3.4.5.
BPILAR	MXP, MXPI	X					X 3	3.4.3.
BPISO	MXPI	X					X 6	3.4.6.
BSECAO	MXS	X					X 8	3.4.8.
BVIGA	MXV, MXCPI	X					X 4	3.4.4.
CAEXTR	(MXEC*3)*(NL*8+NV*7)		X				X 28	3.5.8.
CARHOR	2, NPI		X				X 24	3.5.4.
CARLAJ	3, NL, NCPI		X				X 22	3.5.2.
CARTAO	80	X			X			3.2.4.
CARVIG	NV, NCPI		X				X 21	3.5.1.
CAS			X			X		3.3.22.
CLAPI	MXPI, MXCPI	X					X 17	3.4.17.
CLAPIN	40, MXCPI	X					X 18	3.4.18.
CPS			X			X		3.3.23.
EIXOX	MXEX		X				X 9	3.4.9.
EIXOY	MXEY		X				X 10	3.4.10.
ES			X			X		3.3.24.
FATS2	MXPI		X				X 20	3.4.20.
FCD			X			X		3.3.25.
FCK			X			X		3.3.26.
FYD			X			X		3.3.27.
FYK			X			X		3.3.28.

Quadro C.1

continua

Dados	Dimensões	inteiro	real	Tógico	/BLOC01/	/BLOC02/	/BLOC03/	ordem	Descrição item
GAMA	MXEC		X			X		23	3.3.29.
GAMEC			X				X		3.5.3.
GFEQ			X			X			3.3.30.
GFP			X			X			3.3.31.
GFQ			X			X			3.3.32.
GFW			X			X			3.3.33.
GS			X			X			3.3.34.
HS			X			X			3.3.35.
IACO		X				X			3.3.36.
IANA		X				X			3.3.37.
ICALAJ	(MXEC+3),NCPI	X					X	25	3.5.25.
ICATMP	(MXEC+3)	X					X	27	3.5.27.
ICAVIG	(MXEC+3),NCPI	X					X	26	3.5.26.
ICLAS		X				X			3.3.38.
ICOL	100	X			X				3.2.2.
IEND3	50	X				X			3.1.3.
IF	20	X			X				3.3.2.
IREVFI	NV	X					X	31	3.6.2.
IREVIN	NV	X					X	30	3.6.1.
ISEC	NV,NCPI	X					X	33	3.6.4.
ISTAT	50 MXVC,MXCPI	X			X			12	3.3.3.
ITA		X			X				3.2.6.
ITAM3		X				X			3.1.4.
IVIGAC		X					X		3.4.12.
JALEU		X			X				3.2.7.

Quadro C.1 (continuação)

continua

Nome	Dimensões	inteiro	real	Lógico	/BLOC01/	/BLOC02/	/BLOC03/	ordem	Descrição item
LAJES	9, MXL, MXCPI		X				X	15	3.4.15.
LCAE		X				X			3.3.39.
LIST		X				X			3.3.40.
LREA		X				X			3.3.41.
LSEC		X				X			3.3.42.
MAX		X				X			3.1.16.
MAX3		X				X			3.1.15.
MUDAR				X		X			3.3.43.
MXCPI		X				X			3.3.44.
MXEC		X				X			3.3.45.
MXEX		X				X			3.3.46.
MXEY		X				X			3.3.47.
MXL		X				X			3.3.48.
MXP		X				X			3.3.39.
MXPI		X				X			3.3.50.
MXS		X				X			3.3.51.
MXV		X				X			3.3.52.
MXVC		X				X			3.3.53.
NCART		X			X				3.3.4.
NCPI		X				X			3.3.54.
NDUNID		X			X				3.2.5.
NEC		X				X			3.3.55.
NERR		X			X				3.3.5.
NEX		X				X			3.3.56.
NEY		X				X			3.3.57.

Quadro C.1 (continuação)

continua

Nome	Dimensões	inteiro	real	lógico	/BLOC01/	/BLOC02/	/BLOC03/	ordem	Descrição item
NL		X				X			3.3.58.
NP		X				X			3.3.59.
NPI		X				X			3.3.60.
NS		X				X			3.3.61.
NUNIDC		X			X				3.3.6.
NUNIDF		X			X				3.3.7.
NUNIDP		X			X				3.3.8.
NUNIDT		X			X				3.3.9.
NV		X				X			3.3.62.
NVC		X				X			3.3.62.
PILAR	6, MXP, MXPI		X				X	14	3.4.14.
PISOS	6, MXPI		X				X	16	3.4.16.
POI			X			X			3.3.64.
PS			X			X			3.3.65.
REALV	(NV*20)		X				X	32	3.6.3.
RK1			X			X			3.3.66.
RK2			X			X			3.3.67.
SECAO	9, MXS		X				X	19	3.4.19.
SECALC	(NCPI*NV*20)		X				X	34	3.6.5.
S1			X			X			3.3.68.
TAB	100		X		X				3.2.1.
TANAP			X		X				3.3.10.
TANAS			X		X				3.3.11.
TGPU			X		X				3.3.12.
TDIM			X		X				3.3.13.

Quadro C.1 (continuação)

continua



Nome	Dimensões	inteiro	real	Lógico	/BLOC01/	/BLOC02/	/BLOC03/	ordem	Descrição item
TELAPS	70		X		X				3.3.14.
TIO			X		X				3.3.15.
TITULO		X			X				3.3.16.
TØ				X			X		3.3.69.
UNIDC				X		X			3.3.17.
UNIDF	100 (MXCPI+1)*MXVC*MXEX		X		X				3.3.18.
UNIDP			X		X				3.3.19.
UNIDT			X		X				3.3.20.
UTAB		X			X				3.2.2.
VIGAC		X					X	13	3.4.13.
VIGAS	10, MXV, MXCPI		X				X	11	3.4.11.
VØ			X			X			3.3.70

Quadro C.1 (continuação)

Quadro D.1 - Atributos dos arquivos

nome	KIND	reg.	bloco	AREAS	AREA SIZE	TITLE	conteúdo
FILE1	READER	14	14			CARD	programa PROADE
FILE2	PRINTER	22	22			LINE2	listagem do programa
FILE3	PRINTER	22	22			LINE3	listagem de resultados
FILE4	DISK	10	10	3	150	PROADE/DATA/MENSAGENS	mensagens de erro
FILE13	DISK	30	450	6	100	PROADE/DATA/FILE13	dados de geometria
FILE14	DISK	30	450	12	100	PROADE/DATA/FILE14	dados de carga
FILE15	DISK	24	360	12	100	PROADE/DATA/FILE15	esforços em lajes
FILE16	DISK	64	960	24	500	PROADE/DATA/FILE16	esforços em vigas
FILE17	DISK	10	150	16	1000	PROADE/DATA/FILE17	esforços em pilares
FILE18	DISK	10	480	12	1000	PROADE/DATA/FILE18	armaduras de lajes
FILE19	DISK	84	840	60	200	PROADE/DATA/FILE19	armaduras de vigas
FILE20	DISK	12	180	16	1000	PROADE/DATA/FILE20	armaduras de pilares

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTUNES, Helena M.C. Carmo. Análise em segunda ordem de estruturas tridimensionais de edifícios altos. in III SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA CIVIL. Porto Alegre, 1979. Anais. :195-214
2. ELLWANGER, Ronald J. Projeto Automático de Edifícios; diss. de mestrado. Porto Alegre, CPGEC-UFRGS, 1979.
3. FELIPPA, C.A. Database management in scientific computing. I. General description. Computers & Structures. London, 10:53-61, apr. 1979.
4. FERRANTE, A.J. et alii. Linguagem Orientada para a Análise Estrutural - LORANE; manual do usuário. Porto Alegre, CPGEC-UFRGS, 1977.
5. GAUTHIER, Richard L. & PONTO, Stephen D. Designing Systems Programs. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, s.d.
6. HENNEMANN, José C.F. et alii. Automatização aplicada ao projeto dos pisos de edificações. in III SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA CIVIL, Porto Alegre, 1979. Anais. :971-978.
7. HUMAR, J.L. & KHANDOKER, J.U. A computer program for three dimensional analysis of buildings. Computers & Structures, London, 11:369-387, may 1980.
8. KNUTH, Donald E. The Art of Computer Programming; vol I - Fundamental algorithms; vol III - Sorting and searching. Reading, Ma., 1973.
9. KRISHNAMOORTY, C.S. & MOSI, D.R. CONFAP. A computer program for inelastic analysis of reinforced concrete framed structures. Computers & Structures. London, 12:677-687, jun 1980.

10. SARRAZIN, Mauricio & ELLWANGER, Ronald J. Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto Armado mediante Computador. in III SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA CIVIL, Porto Alegre, 1979. Anais. :235-256.
11. SARRAZIN, Mauricio et alii. Manipulação da Memória Primária e Secundária no Sistema Proade. in II CONGRESSO LATINO AMERICANO SOBRE MÉTODOS COMPUTACIONAIS PARA ENGENHARIA, Curitiba, 1980. Anais. :397-411.
12. SWANGER, Michael H. & KHAN, Lawrence F. Computer Aided Design of Reinforced Concrete Structures. in I INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING, New York, 1981. Proc. :302-317.
13. WRIGHT, E. Whitman. Structural Design by Computer. London, Van Nostrand-Reinhold, 1976.