

ANÁLISE SECUNDÁRIA PARA O
PROJETO AUTOMÁTICO DE EDIFÍCIOS

P R O A D E


EDUARDO GIUGLIANI


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
1986

ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

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


Prof. Maria Inês Gobbo dos Santos
Orientadora


Prof. José Carlos Ferraz Hennemann
Coordenador

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Maria Inês Gobbo dos Santos
M. Sc. pela UFRGS
Prof^o Ademar Gilberto Groehs
D. Sc. pela COOPE / UFRJ
Prof^o Guillermo J. Creus
D. Sc. pela COOPE / UFRJ
Prof^o Nelton F. Bonilha
M. Sc. pela UFRGS

A Cristina
Ao Bruno e à Luciana
Aos meus Pais

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Mauricio Sarrazin e à Prof^a Maria Inês Gobbo dos Santos, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Henrique Jorge Brodbeck, pelo constante apoio e sugestões recebidas ao longo deste projeto.

Ao Prof. Ronald José Ellwanger e demais colegas da equipe LORANE pelo constante estímulo.

A Arq^a Márcia Tavares Klarmann, in memoriam, pela imensa paciência e dedicação com que elaborou todas as ilustrações deste trabalho.

Ao Curso de Pós - Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, pelo apoio à realização do projeto PROADE.

A CNEN, CNPq e FINEP, pelo auxílio financeiro.

A PUC-RS e ao Curso de Pós - Graduação em Engenharia Civil da PUC-RS, pelo apoio recebido para a conclusão deste trabalho.

A todos os que colaboraram para a realização deste trabalho.

S U M A R I O

Lista de Figuras e Quadros

Lista de Definições

Resumo

Abstract

1. Introdução

1.1 Sistemas Computacionais para a Engenharia Civil

1.2 O Sistema PROADE - Projeto Automático para Edifícios

2. Análise Secundária

2.1 Introdução

2.2 Dados de Geometria

2.2.1 Sistema de Eixos de Referência

2.2.2 Eixos da Estrutura

2.2.3 Pisos

2.2.4 Classes de Pisos

2.2.5 Lajes

2.2.6 Vigas

2.2.7 Vigas Contínuas

2.2.8 Classes de Seções

2.2.9 Seções de Cálculo

2.2.10 Constantes do Sistema

2.2.11 Limites do Sistema

2.3 Dados de Cargas Externas

2.3.1 Morfologia e Orientação

2.3.2 Cargas em Lajes

2.3.2.1 Cargas Permanentes (Cp)

2.3.2.2 Cargas Acidentais (Ca)

2.3.2.3 Cargas Extras (Ce)

- 2.3.3 Cargas em Vigas
 - 2.3.3.1 Cargas Permanentes (Cp)
 - 2.3.3.2 Cargas Extras (Ce)
- 2.3.4 Reações
- 2.4 Resultados da Análise
 - 2.4.1 Estados de Carga
 - 2.4.2 Esforços nas Lajes
 - 2.4.3 Esforços nas Vigas
- 2.5 Resultados do Dimensionamento
 - 2.5.1 Solicitações de Cálculo
 - 2.5.2 Esforços Finais e Armaduras nas Lajes
 - 2.5.3 Esforços Finais e Armaduras nas Vigas
- 2.6 Compatibilidade entre a Análise Secundária e Primária

3. Análise dos Elementos Laminares (Lajes)

- 3.1 Descrição
- 3.2 Análise Elástica
 - 3.2.1 Lajes Armadas em Uma Direção
 - 3.2.2 Método de Marcus
 - 3.2.2.1 Introdução
 - 3.2.2.2 Processo Simplificado de Marcus
 - 3.2.3 Método de Elementos Finitos
 - 3.2.3.1 Introdução
 - 3.2.3.2 Geração Automática dos Dados da Malha
 - 3.2.3.2.1 Dados Iniciais
 - 3.2.3.2.2 Geração das Coordenadas
 - 3.2.3.2.3 Geração das Conetividades
 - 3.2.3.2.4 Geração das Restrições Nodais
 - 3.2.3.3 Otimização do Processo de Solução
 - 3.2.3.4 Processo de Solução
 - 3.2.3.4.1 Cálculo da Matriz de Rigidez e Vetor de Cargas para cada elemento
 - 3.2.3.4.2 Obtenção da Matriz de Rigidez e Vetor de Cargas Globais para a Malha
 - 3.2.3.4.3 Aplicação das Condições de Contorno
 - 3.2.3.4.4 Solução do Sistema
 - 3.2.3.4.5 Cálculo dos Esforços
 - 3.2.4 Cálculo das Reações

- 3.3 Análise Rígido - Plástica
 - 3.3.1 Método das Linhas de Ruptura
 - 3.3.1.1 Introdução
 - 3.3.1.2 Hipóteses
 - 3.3.1.3 Processo de Solução

4. Análise dos Elementos Lineares (Vigas)

- 4.1 Descrição
- 4.2 Vigas Isoladas
 - 4.2.1 Considerações
 - 4.2.2 Esforços Hiperestáticos
 - 4.2.3 Esforços Estáticos
- 4.3 Vigas Contínuas
 - 4.3.1 Hipóteses e Considerações
 - 4.3.2 Equação dos Três Momentos
 - 4.3.3 Montagem e Solução do Sistema de Equações
 - 4.3.4 Cálculo dos Esforços Estáticos

5. Dimensionamento

- 5.1 Descrição
- 5.2 Armadura Longitudinal
- 5.3 Armadura Transversal

6. Conclusões

Apêndice A : Exemplo de Aplicação

Apêndice B : Organograma da Análise Secundária

Apêndice C : Estrutura de Dados da Análise Secundária

Bibliografia

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figuras

- Figura 1.1 Arquitetura do Sistema PROADE
- Figura 2.1 Sistema de eixos de referência
- Figura 2.2 Eixos que definem a geometria básica da planta de um edifício
- Figura 2.3 Identificação dos pisos
- Figura 2.4 Classe de pisos (CP)
- Figura 2.5 Laje retangular definida por $X_i Y_m X_j Y_k$
- Figura 2.6 Laje em "ele" definida por $X_i Y_n X_j X_l X_k Y_m$
- Figura 2.7 Vinculação das lajes: convenções
- Figura 2.8 Descrição de uma viga X: planta baixa
- Figura 2.9 Descrição de uma viga: vista lateral
- Figura 2.10 Tipos de vinculação em vigas
- Figura 2.11 Vista lateral de uma viga contínua em 5 vãos
- Figura 2.12 Esquema estrutural da viga contínua da fig 2.11
- Figura 2.13 Classe de seções transversais para pilares e vigas e seus parâmetros de definição
- Figura 2.14 Seções de cálculo distribuídas de forma equidistante em uma viga ("n" seções)
- Figura 2.15 Seções de cálculo posicionadas em relação ao apoio esquerdo de uma viga.
- Figura 2.16 Lajes submetidas à carga acidental no estado de sobrecarga 0.
- Figura 2.17 Lajes submetidas à carga acidental no estado de sobrecarga 1.
- Figura 2.18 Carga concentrada em vigas, parâmetros.
- Figura 2.19 Carga uniforme em vigas, parâmetros.
- Figura 2.20 Carga linear em vigas, parâmetros.
- Figura 2.21 Carga de momento em vigas, parâmetros.

- Figura 2.22 Esforços em lajes, convenções.
- Figura 2.23 Esforços em vigas
- Figura 2.24 Armadura em lajes
- Figura 2.25 Estribos em vigas : Ângulos de inclinação
- Figura 2.26 Armadura em vigas
- Figura 2.27 Esforços de Engastamento Perfeito
- Figura 2.28 Esforços de Engastamento perfeito
-
- Figura 3.1 Fluxograma da análise de lajes
- Figura 3.2 Casos de lajes armadas em uma direção
- Figura 3.3 Lajes armadas em uma direção
- Tipos de Vinculação
- Figura 3.4 Lajes abordadas pelo Método de Marcus
- Tipos de Vinculação
- Figura 3.5 Faixas centrais
- Figura 3.6 Coeficientes α , β e γ para o cálculo da flexa máxima e momentos máximo positivo e mínimo negativo de viga de seção constante.
- Figura 3.7 Elemento retangular não conforme, tipo "R12", utilizado para análise de placas em flexão.
- Figura 3.8 Solução através do Método de Elementos Finitos utilizando-se malhas de várias densidades
- Figura 3.9 Fluxograma: método de elementos finitos (MEF)
- Figura-3.10 Laje retangular e em "ELE": configurações.
- Figura 3.11 Intervalos da malha de elementos finitos.
- Figura 3.12 Faixas horizontais
- Figura 3.13 Representação da configuração da laje em por faixas horizontais.
- Figura 3.14 Representação da configuração da laje retangular por faixas horizontais.
- Figura 3.15 Conetividade do elemento de placa
- Figura 3.16 Numeração dos nós e elementos da malha
- Figura 3.17 Deslocamentos nodais
- Figura 3.18 Geometria dos elementos finitos
- Figura 3.19 Valor de cargas nodais do elemento
- Figura 3.20 Ângulos para definição das áreas de influência
- reações em lajes
- Figura 3.21 Reações em lajes retangulares
- Figura 3.22 Configuração de ruptura de uma placa
- charneiras plásticas

- Figura 4.1 Fluxograma da análise de vigas
- Figura 4.2 Vigas hiperestáticas, vinculações e momentos
- Figura 4.3 Esforços hiperestáticos em uma viga isolada
- Figura 4.4 Viga contínua com 'n' vãos
- Figura 4.5 Vãos da viga contínua na forma isostática
- Figura 4.6 Giros de um vão isolado (isostática fundamental)
- Figura 4.7 Coeficientes E e D
- Figura 4.8 Rotação de um apoio interno de uma viga contínua
- Figura 4.9 Solução de uma viga contínua sistema linear de equações.
-
- Figura 5.1 Tipos de aço: classe e tensão (em MPa)
- Figura 5.2 Seção transversal de uma viga
Diagrama de Deformações / Tensões
- Figura 5.3 Deformações
- Figura 5.4 Aço tipo A - x
- Figura 5.5 Aço tipo B - x
- Figura 5.6 Fluxograma - Flexão reta simples
- Figura 5.7 Fluxograma - Cisalhamento
-
- Figura B.1 Organograma da análise Secundária.

QUADROS

- Quadro 2.1 Constantes do sistema
- Quadro 2.2 Limites do Sistema

LISTA DE DEFINIÇÕES

Eixos de referência

Sistema de eixos cartesianos de referência coordenados XYZ formando um triedro direto. Toda a estrutura será definida em relação a este sistema.

Eixos auxiliares

Eixos utilizados para a definição dos elementos estruturais. Estão sempre relacionados com um eixo de referência, podendo ser, portanto, definidos nas direções X, Y, ou Z.

Eixos primários

São eixos auxiliares utilizados para a definição de todos os elementos estruturais a serem analisados pela Análise Primária do Sistema PROADE (vigas primárias e pilares pertencentes aos pórticos planos da estrutura).

Eixos Secundários

São eixos auxiliares utilizados para a definição de todos os elementos estruturais a serem analisados pela Análise Secundária do Sistema PROADE (vigas secundárias).

Pisos

São os planos dos pavimentos dos edifícios, paralelos ao plano XY do sistema de referência.

Altura do piso

Distância entre a face superior de um piso e a face superior do piso consecutivo.

Classes de pisos

São pisos de mesma planta e geometria (pavimento-tipo).

Laje

Elemento estrutural superficial definido através de 4 ou 6 eixos auxiliares.

Viga primária

Elemento estrutural linear definido por 3 eixos auxiliares, sendo que o eixo longitudinal do elemento deverá ser sempre um eixo primário.

Viga secundária

Elemento estrutural linear definido por 3 eixos auxiliares, sendo que o eixo longitudinal do elemento deverá ser sempre um eixo secundário.

Eixo de definição de uma viga

É o eixo auxiliar que define a direção do eixo longitudinal de uma viga.

Comprimento do Tramo rígido

Distância do centro do apoio de uma viga até a face interna deste mesmo apoio.

Distância em viga

Distância do eixo longitudinal de uma viga ao seu eixo de definição.

Altura em viga

Distância do eixo longitudinal de uma viga ao plano do piso.

Viga isolada

Viga de somente um vão.

Viga contínua

Viga de vários vãos consecutivos.

Seção transversal

Utilizada para definir a seção de um pilar ou de uma viga.

Seções de cálculo

Posição das seções transversais em que se quer determinar os esforços e obter as armaduras em uma viga.

Limites do sistema

Consistem em números máximos de elementos, como vigas, lajes e pilares, etc, que o sistema aceita em um problema. Se estes não forem especificados, serão utilizados os limites padrão gerados automaticamente quando da inicialização do problema.

Constantes do Sistema

Consistem em constantes de 3 tipos : de materiais, geométricas e de carga e cálculo. Se não forem especificadas pelo usuário, serão utilizadas as constantes padrão geradas automaticamente quando da inicialização do sistema.

Carregamento

Carga vertical obrigatória agindo em vigas e lajes.

Estados de sobrecarga

Indica a forma como é levada em consideração a carga acidental em lajes.

Cargas extras

São cargas adicionais, agindo verticalmente em lajes e vigas.

Estados de cargas extras

É um conjunto de cargas extras atuantes, para o qual será obtido um conjunto de solicitações independentes.

Estados de carga

É um conjunto de cargas do mesmo tipo, para o qual será obtido um conjunto de solicitações independentes.

R E S U M O

O Sistema Projeto Automático de Edifícios (Sistema PROADE), vem tendo, desde o seu início, um desenvolvimento modular. No presente trabalho apresenta-se mais uma etapa, a Análise Secundária no Sistema PROADE, que vem completar a primeira fase de implantação, na qual já estão em funcionamento a Análise Primária e a Linguagem Orientada.

Com a implantação da Análise Secundária dota-se o PROADE da faculdade de projeto, análise e dimensionamento de um pavimento de concreto armado de um edifício. A solução é obtida de forma automática e como resultados são gerados todos os esforços e armaduras nas lajes e vigas que o compõe.

O sistema computacional foi desenvolvido em linguagem Fortran. Na metodologia utilizada, as lajes podem ser analisadas através de três métodos: Método de Marcus e Método de Elementos Finitos para a análise elástica e, Método das Linhas de Ruptura para a análise rígido-plástica. As vigas são abordadas através da Teoria da Estabilidade e do Método da Flexibilidade.

Ao longo da dissertação são abordados de forma sistemática como se apresenta um problema PROADE, a descrição dos elementos estruturais do pavimento, os carregamentos incidentes, os métodos de solução e os resultados obtidos.

A B S T R A C T

This work integrates the PROADE System - Automatic Building Design System. It has developed the secondary analysis which together with the primary analysis and oriented language already on operation completes the first phase of that system.

With the secondary analysis the PROADE becomes apt to design all the elements of a concrete building floor.

The computer program that has been developed determines all the internal forces and calculates the amount of steel reinforcement of the beams and slabs.

Fortran was the language used in writing the program.

The slabs can be analysed by means of anyone of the methods listed below : Marcus' Method and the Finite Element Method, both related to an elastic analysis and Yield-Line analysis for a rigid-plastic analysis of the slabs.

The beams are analysed using the Flexibility Method.

It is described throughout the text how a problem should be proposed to solution by the PROADE System.

The description of the structural properties of the elements, the loading system as well as the choice of the method of solution and presentation of the final results are exemplified.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Sistemas Computacionais para a Engenharia Civil

O desenvolvimento de sistemas computacionais na área da engenharia civil confunde-se, nas últimas décadas, com a própria ocorrência e evolução dos computadores, desde os de primeira geração, nas décadas de 40 e 50, aos atuais, tanto os chamados de grande e médio porte como os microcomputadores.

Na engenharia civil, uma ciência não tão nova, as maiores mudanças ocorrem principalmente quando as ferramentas de trabalho, diga-se computadores, evoluem atingindo estágios mais avançados ao invés de alterações na forma de análise do problema. Desta forma, um mesmo problema de engenharia passa a ser reabordado através do uso desta nova tecnologia. Isto de fato, veio de encontro aos atuais interesses do homem, pois um dos objetivos principais na resolução de um problema é otimizar sua solução, diminuindo seus custos e aumentando sua precisão e rapidez.

Sob este enfoque, vários sistemas computacionais na área da engenharia civil já foram desenvolvidos e hoje são largamente utilizados. Dentre os mais conhecidos pode-se citar os trabalhos de Humar & Khandoker [13], para estruturas tridimensionais, o sistema CONFAP [18], utilizando a análise tridimensional, o sistema GTSRUDL/RC [27], integrado para análise e projeto, e o trabalho de Antunes [1] para a análise tridimensional de edifícios

altos. Ainda dentro deste mesmo quadro pode-se citar os sistemas computacionais LORANE [10] e LEBRE [11], baseados em linguagens orientadas voltadas para a análise estrutural utilizando o Método de Elementos Finitos e análise matricial de estruturas.

1.2 O Sistema PROADE

Projeto Automático para Edifícios

A idéia básica que gerou o desenvolvimento do sistema PROADE foi o de elaborar um programa integrado para análise e projeto de edifícios de concreto armado. Isto ocorreu através de uma ação conjunta entre o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, CPGEC-UFRGS, e o Departamento de Obras Civiles da Universidade do Chile.

A proposta foi idealizada sob a coordenação geral do Prof. Maurício Sarrazin da Universidade do Chile a partir do desenvolvimento e implantação modular de todo o sistema, o que de fato vem ocorrendo, tornando desta forma viável a elaboração de um sistema computacional de tal porte. Dentre os módulos já implantados constam a Linguagem Orientada PROADE, desenvolvida por Brodbeck [5] no CPGEC-UFRGS, voltada para realizar uma perfeita interação e organização das estruturas de armazenamento de dados relativos a um problema PROADE.

O módulo correspondente à análise Primária, desenvolvido por Ellwanger [9], também no CPGEC - UFRGS, compreende a análise de um edifício tridimensional a partir de um pórtico espacial. Sendo este dividido em subestruturas verticais do tipo pórtico plano, sujeito a carregamentos estáticos e dinâmicos.

Desenvolvido pela Universidade do Chile, temos o módulo Gráfico, cuja finalidade é produzir a saída em "plotter" de todos os desenhos relativos a um projeto estrutural, tais como plantas de formas, de armaduras, e de detalhes construtivos de todos os elementos estruturais.

O presente trabalho consiste na elaboração, desenvolvimento e implantação do módulo de Análise Secundária. Este módulo corresponde à solução de cada pavimento de um edifício incluindo o projeto e análise das lajes e vigas que o compõem, exceto aquelas vigas pertencentes aos pórticos planos e que são abordadas pela Análise Primária. Juntamente com a elaboração deste módulo, expandiu-se o módulo de dimensionamento, já iniciado quando da implantação da Análise Primária, de modo a incluir todos os elementos estruturais do edifício.

Na figura 1.1 mostra-se, através de um organograma, a arquitetura do sistema PROADE, ressaltando-se que os programas EXECUTIVO, controlador de toda a solução do problema, o Analisador Sintático, e os módulos de Geometria, Cargas e Impressão foram elaborados quando do desenvolvimento da Linguagem Orientada PROADE e que o módulo de Otimização está planejado para um desenvolvimento futuro.

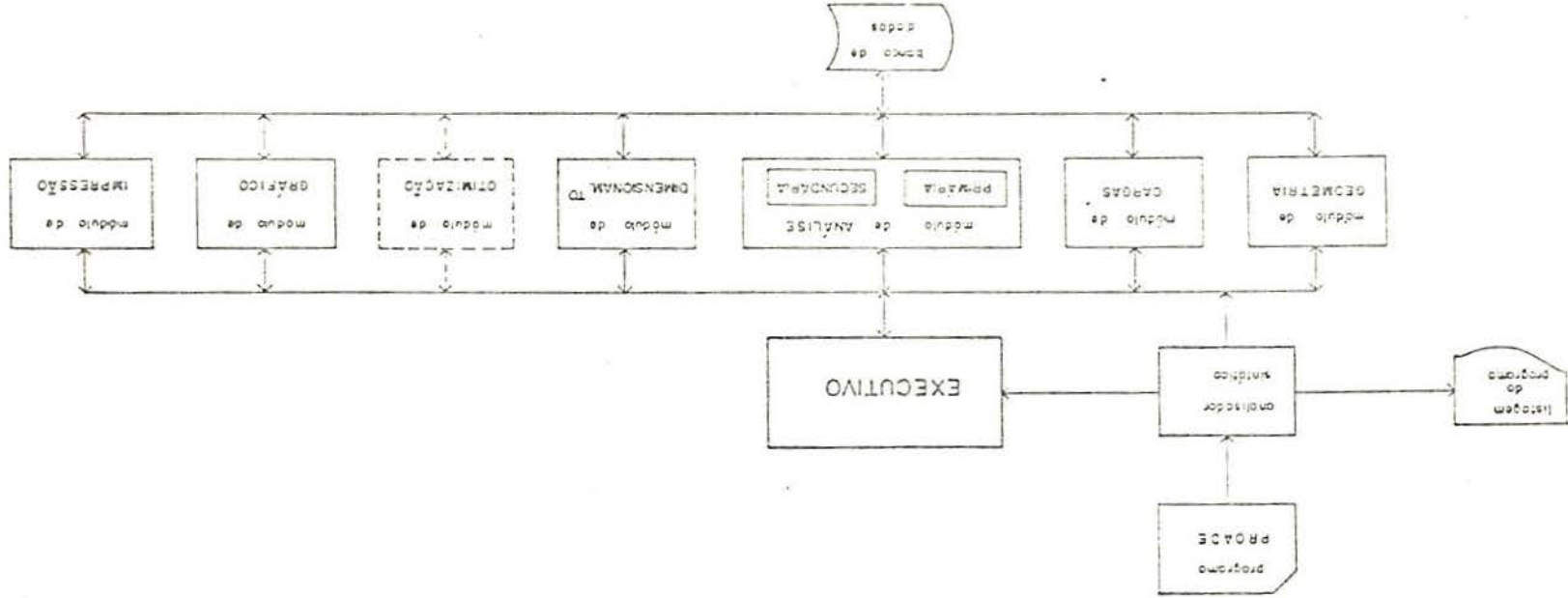


Figura 1.1 - Arquitetura do Sistema PROADE

2. ANÁLISE SECUNDÁRIA

2.1 Introdução

A Análise Secundária do Sistema PROADE, objeto deste trabalho de dissertação, foi elaborada e desenvolvida com o objetivo básico de solucionar um edifício de 'n' pavimentos em termos de projeto, análise e dimensionamento dos diversos elementos estruturais que o compõem. Num quadro mais genérico, seria a solução dos diversos pavimentos-tipo que compõem um edifício, sujeitos a vários tipos de carregamentos.

Assim, para o gerenciamento e execução de todo este processo de análise, foi desenvolvida uma rotina principal de nome ANASEC - ANálise SECundária, à qual cabe controlar de forma correta e ordenada a análise de cada pavimento. Em uma primeira etapa, calcula-se o efeito de todas as lajes que compõem o pavimento e, numa segunda etapa, o efeito de todas as vigas que formam o mesmo pavimento, excetuando-se aquelas a serem eventualmente analisadas pela Análise Primária, objeto de outro trabalho de dissertação que será em poucas palavras descrito mais adiante, ver Ellwanger [9]. Antes porém da análise das lajes e vigas de cada pavimento tipo, a rotina ANASEC executa duas rotinas do tipo utilitárias que servirão para melhor orientar e otimizar os processos de solução. Uma delas define para todos os bordos das lajes quais as vigas que servirão de apoio aos mesmos e que, conseqüentemente, receberão suas reações, a serem consideradas como cargas quando da análise destas vigas. Esta rotina que define então o encadeamento das la-

jes com as vigas, tem o nome de LAJVIG. A outra rotina, de nome ARVORE, define qual é a sequência e ordenação lógica de análise das vigas que compõem o pavimento, levando-se em consideração o sistema de apoio definido (outras vigas e pilares), começando-se por vigas que não servem de apoio à nenhuma outra (vigas terciárias) às vigas que servem de sustentação às demais (vigas secundárias e primárias).

Neste capítulo será feita uma abordagem sob um enfoque mais geral mostrando de que maneira poderá ser proposto um problema e a forma como o mesmo será abordado e resolvido pelo Sistema PROADE. Este enfoque será dado a partir do conhecimento da linguagem orientada já implantada para o sistema, descrita por Brodbeck [5].

Um problema a ser resolvido pelo PROADE consiste na análise e dimensionamento de uma estrutura de concreto armado de um edifício, aporticado ou não, sob a ação de diversos estados de carga, tais como: carga permanente, carga accidental, carga de vento, carga de sismo e cargas extras.

A análise é feita em duas etapas: a primeira, Análise Secundária, determina os esforços nas lajes, vigas e pilares isolados localizados em eixos secundários, não pertencentes aos pórticos, para todos os estados de carga. Na segunda etapa, Análise Primária, o edifício é analisado como um pórtico espacial, formado por inúmeras subestruturas do tipo pórtico plano, compostas por pilares e vigas localizadas nos eixos primários, obtendo-se os esforços nas vigas primárias e pilares, para todos os estados de carga. Maiores detalhes sobre a Análise Primária e seus métodos de solução estão amplamente abordados no trabalho desenvolvido por Ellwanger [9].

Pode-se se prescindir da Análise Primária sempre que não se fizer necessário abordar a estrutura através de pórticos planos, caso corrente quando temos edifícios não estruturados sujeitos somente à ação de cargas verticais, onde não se leva em consideração o efeito do vento nem de sismo. Estas estruturas, então, seriam formadas simplesmente por pavimentos rígidos (lajes e vigas secundárias), ou ainda, acrescentando a este caso, também por pilares isolados, tornan-

do o edifício estruturado porém sem a necessidade de solução através de pórticos planos, não encarecendo os custos através de uma Análise Primária, eventualmente desnecessária.

Após a obtenção dos esforços para cada estado de carga, através de inúmeras combinações entre estes, determina-se qual a composição mais desfavorável de solicitações para cada pilar, viga ou laje. O número de combinações a serem feitas está diretamente relacionado ao número de estados de carga atuantes sobre a estrutura. Executada esta etapa, o dimensionamento é feito para cada elemento estrutural, obtendo-se, por fim, as armaduras necessárias para os esforços atuantes.

Na descrição a seguir, será focado basicamente o que diz respeito à Análise Secundária, ressaltando novamente que, para maiores esclarecimentos sobre a Análise Primária e a Linguagem Orientada, já implantadas no Sistema PROADE, ver os trabalhos de Ellwanger[9] e Brodbeck[5].

2.2 Dados de Geometria

2.2.1 Sistema de Eixos de Referência

Todo o lançamento de uma estrutura, para a definição de sua geometria, deverá ser referido a um sistema de eixos cartesianos coordenados XYZ, formando um triedro direto. O posicionamento de um edifício, relativo ao sistema de eixos, deverá ser tal que o plano de menor cota de edifício coincida com o plano formado pelos eixos XY e os pilares coincidam com o eixo Z, conforme mostra a figura 2.1 .

Até a presente etapa de desenvolvimento, todos os elementos estruturais do edifício devem obedecer uma geometria ortogonal, isto é, ter todas as suas dimensões paralelas aos eixos do sistema de referência. Por conseguinte, todos os encontros entre os elementos estruturais, assim como os vértices das lajes, serão caracterizados pela formação de um ângulo reto.

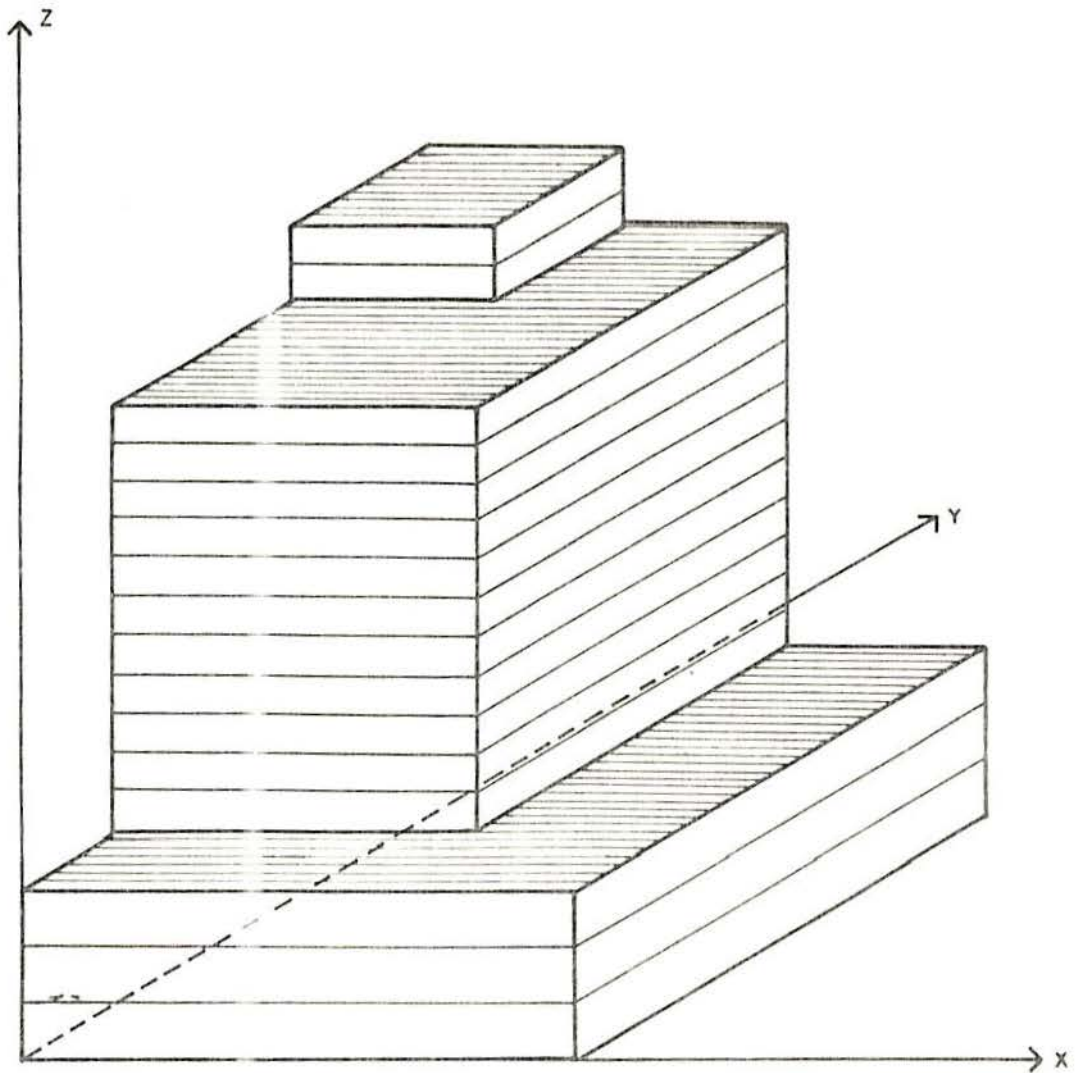


Figura 2.1 - Sistema de eixos de referência

2.2.2 Eixos da Estrutura

Na definição da geometria dos elementos estruturais que compõem um edifício, ou mesmo da geometria global da estrutura, são utilizados eixos auxiliares chamados de eixos primários e secundários nas direções X e Y , quando paralelos aos eixos de referência X e Y , respectivamente. Com o intuito de manter a mesma terminologia já adotada nos trabalhos anteriormente citados, os eixos do triedro direto serão denominados de eixos de referência e os auxiliares simplesmente de eixos.

No lançamento da estrutura, caberá aos eixos X e Y a localização correta de todos os elementos estruturais. Para tanto, estes eixos deverão ser numerados de maneira sequencial e independentemente um do outro, isto é, uma sequência para X e outra para Y. Para a correta localização de um determinado eixo é necessário o fornecimento da sua distância ao eixo de referência paralelo, e a sua identificação será feita sempre através de seu número sequencial e a indicação X ou Y.

Nesta fase é necessário fazer a diferenciação entre eixos primários e secundários. Eixos primários serão todos os eixos que definem a localização dos pórticos planos, que conterão, conseqüentemente, os pilares e vigas primárias. Já os eixos secundários serão todos os eixos restantes, isto é, os eixos que definem os elementos estruturais localizados fora dos pórticos planos, e que serão aqui denominados de pilares e vigas secundárias. Cabe aqui um esclarecimento sobre os pilares secundários: estes serão, conforme já havia sido citado anteriormente, os pilares isolados da estrutura, não pertencentes a nenhum pórtico plano e serão calculados e dimensionados como elementos estruturais isolados.

A localização dos elementos estruturais do edifício através dos eixos deverá ser feita da seguinte forma: os pilares são localizados no cruzamento de dois eixos, as vigas são localizadas por um eixo coincidente com seu eixo longitudinal e por dois eixos transversais que definirão o seu início e fim (sendo estes sempre coincidentes com os apoios) e, por fim, as lajes são localizadas através dos eixos coincidentes com suas bordas.

A figura 2.2 mostra um caso corrente de localização dos eixos em uma estrutura de um edifício relativamente aos eixos de referência.

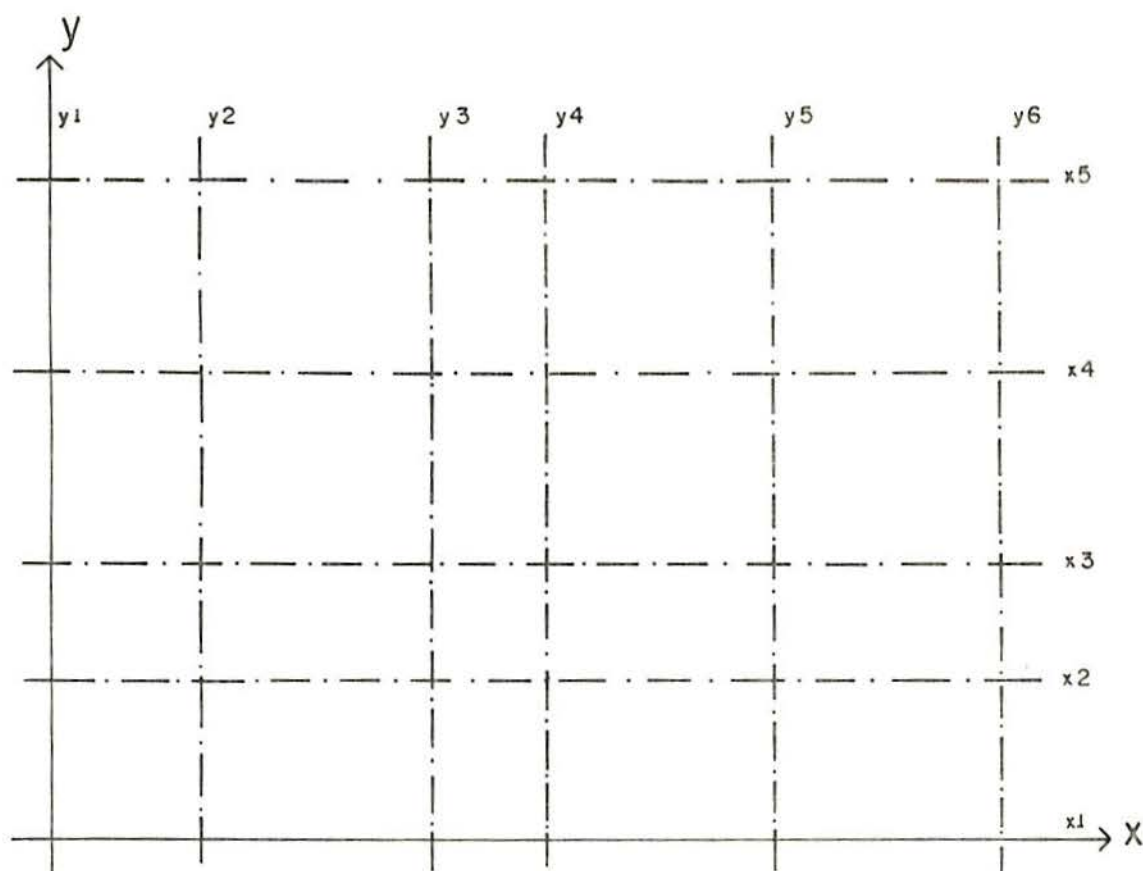


Figura 2.2 - Eixos que definem a geometria básica da planta de um edifício

2.2.3 Pisos

Normalmente, pisos são o que convencionamos chamar de pavimentos de um edifício, e em seus planos, sempre paralelos com o plano XY do triedro direto, localizam-se as lajes e as vigas primárias e secundárias.

Conforme mostra a figura 2.3, a definição da localização dos pisos do edifício é feita numerando-os sequencialmente de cima para baixo. A distância entre a face superior de um piso e a face superior do piso consecutivo é definida como altura do piso.

Com a definição da altura do piso fica, também, intrinsecamente definida a altura dos pilares no piso.

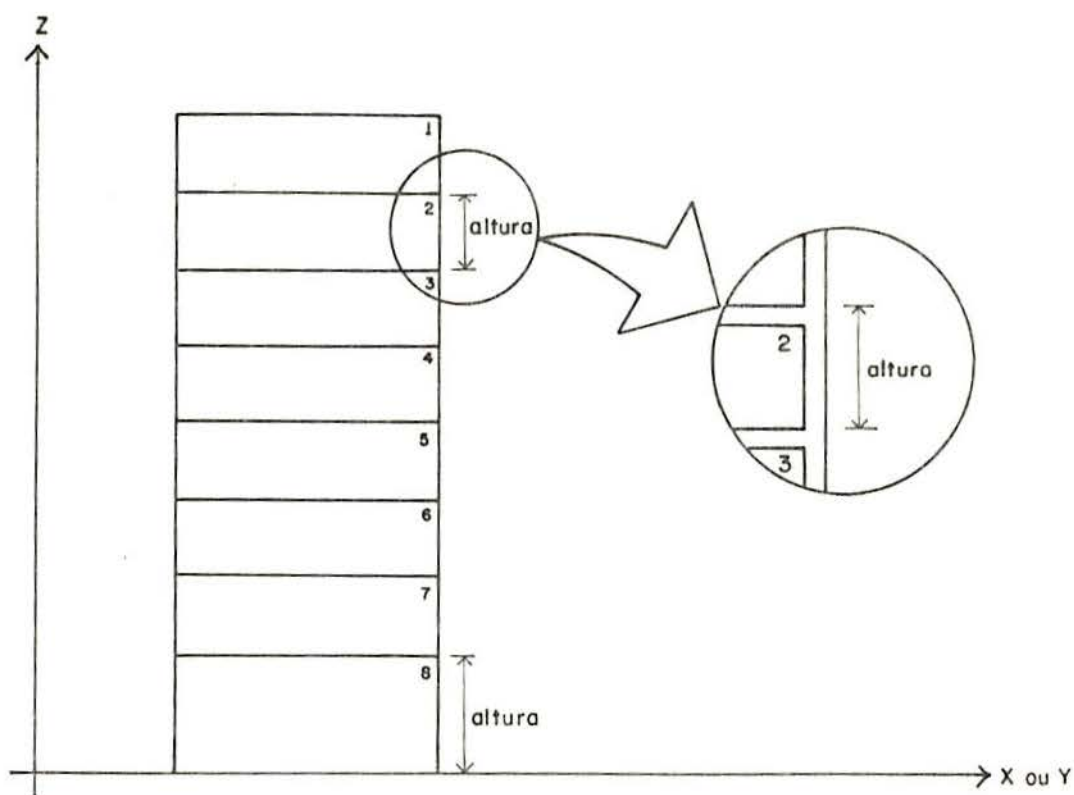


Figura 2.3 - Identificação dos pisos

2.2.4 Classes de Pisos

Normalmente, em edifícios correntes, temos que vários pisos podem ter idêntica geometria (pavimento-tipo). Assim sendo, estes deverão ser agrupados em classes de pisos, simplificando sobremaneira a descrição das lajes e vigas e a execução da Análise Secundária, que passará a ser feita por "classe de piso" e não por "piso".

Em um edifício deve-se ter no mínimo a definição de uma classe de piso, caso em que todos os pisos tenham geometria idêntica (somente um pavimento-tipo) e no máximo a definição de tantas classes de piso quantos forem os pisos do edifício, caso de todos terem plantas diferentes.

Na figura 2.4 é mostrado o emprego de classe de pisos em um edifício.

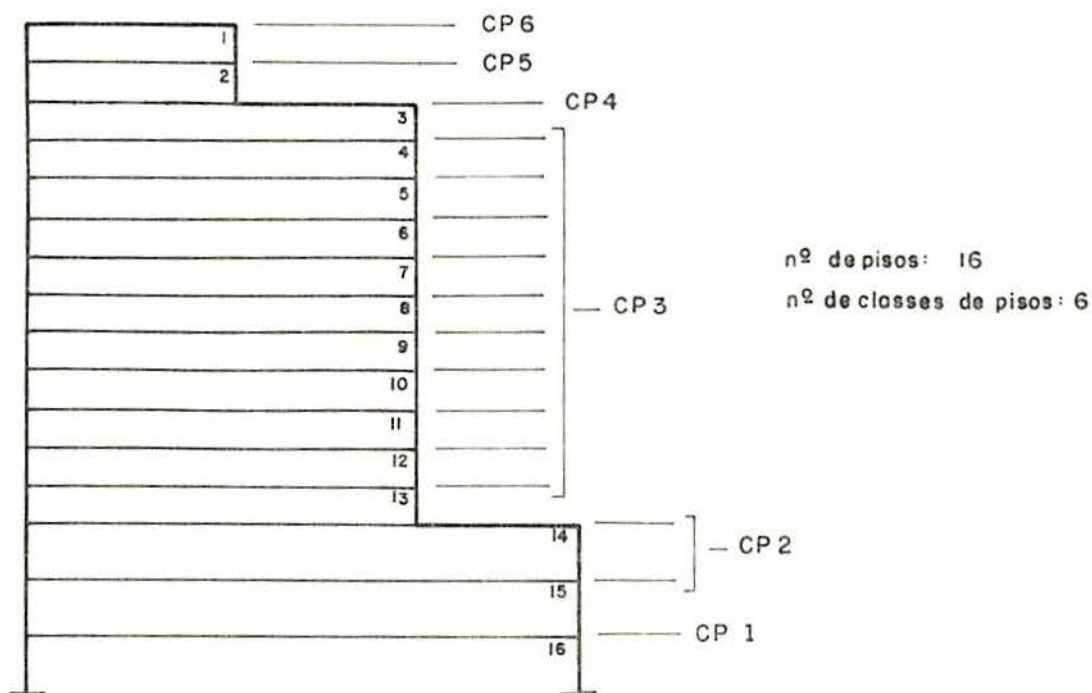


Figura 2.4 - Classe de pisos (CP)

2.2.5 Lajes

A abordagem das lajes no Sistema PROADE, executada através da Análise Secundária, é feita considerando-se cada laje como um elemento estrutural isolado, do tipo placa, e para tal são obtidos os esforços solicitantes e as armaduras necessárias para o seu dimensionamento.

As lajes, que têm seus dados fornecidos por classe de piso, podem ter forma retangular (figura 2.5) ou em "ELE" (figura 2.6), tendo, conseqüentemente, 4 ou 6 eixos de definição, respectivamente. Estes eixos devem ser fornecidos no sentido anti-horário a partir do eixo X de menor cota, alternando os eixos X e Y, conforme mostram as figuras acima mencionadas. A partir destes dados, as dimensões das lajes ficam

automaticamente definidas através da localização dos eixos que a compõem.

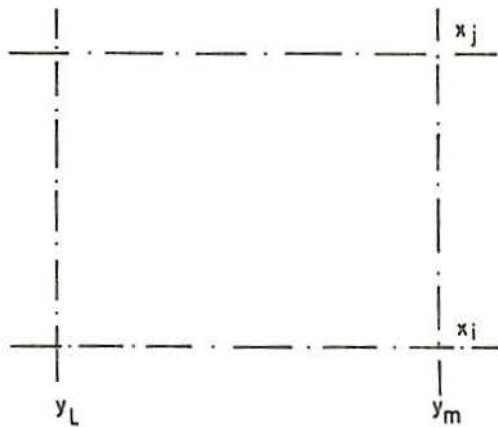


Figura 2.5 - Laje retangular
definida por
 $X_i Y_m X_j Y_k$

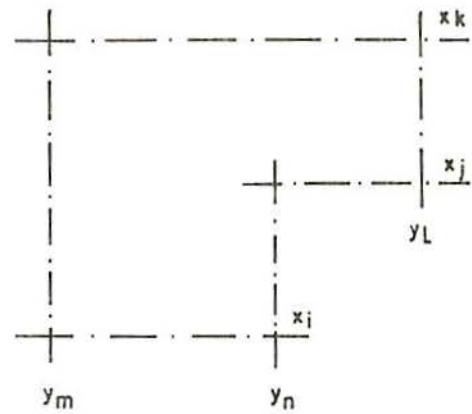


Figura 2.6 - Laje em "ele"
definida por
 $X_i Y_n X_j Y_l X_k Y_m$

Cada bordo da laje poderá ter vinculação qualquer, ressalvadas as características estáticas da estrutura, podendo ser especificados os seguintes casos:

- a. LIVRE - bordo sem qualquer apoio
- b. APOIO - bordo simplesmente apoiado, sem continuidade de momentos
- c. ENGASTE - bordo com continuidade de momentos nas lajes adjacentes

Não sendo informada a vinculação, automaticamente é assumido pelo sistema como sendo cada bordo da laje apoiado. A convenção adotada para cada um dos tipos de vinculação especificadas acima está mostrada na figura 2.7.

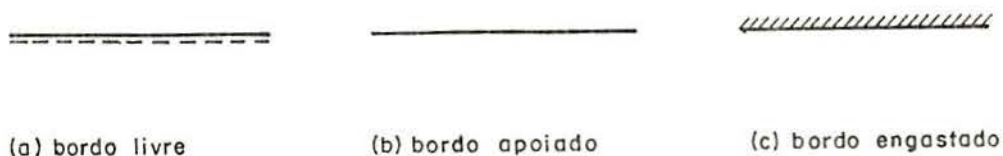


Figura 2.7 - Vinculação das lajes : convenções

Estas lajes, já definidas através de informações fornecidas pelo usuário relativas a suas dimensões e condições de contorno, podem ser analisadas sob distintas alternativas, quais sejam:

- retangular apoiada em todo o seu contorno
- retangular com um bordo livre
- retangular com dois bordos livres
- retangular em balanço
- em forma de "ELE" apoiada em todo o contorno ou com bordos livres, indistintamente ao longo do mesmo

Relativo à análise da laje, o usuário do sistema deverá informar qual o método de cálculo que deverá ser utilizado para a sua resolução, a ser escolhido entre os seguintes:

- Método de Marcus
- Método das Linhas de Ruptura
- Método de Elementos Finitos

Completando a geometria da laje, faz-se necessário também o fornecimento da espessura da mesma. Caso esta não seja especificada, será empregada a espessura padrão (HS) ou a espessura padrão do sistema, caso HS não tenha sido fornecida.

2.2.6 Vigas

Assim como as lajes, as vigas têm seus dados informados por classe de piso. No Sistema PROADE, convencionou-se que cada viga da estrutura será coincidente com o seu respectivo vão e portanto sua numeração será feita vão por vão.

A localização de uma viga é feita indicando-se primeiramente o seu eixo longitudinal e após os eixos transversais que definem, respectivamente, o início e fim da viga. Devido a ortogonalidade da planta estrutural, caso o eixo longitudinal seja um eixo X, os transversais serão eixo Y, e

vice-versa. As vigas que tenham seus eixos longitudinais definidos como eixos primários serão vigas primárias e as restantes vigas secundárias ou terciárias.

Dentro do Sistema PROADE admite-se a existência de vigas contínuas sempre que houver continuidade entre as vigas isoladas, definida conforme o item 2.2.7 .

Para perfeita definição de cada viga é necessário a informação da sua seção transversal, escolhendo-se uma dentre as seções transversais definidas (ver item 2.2.9 - Classe de Seções), e das seguintes informações: comprimento dos tramos rígidos (EX1 e EX2 se for viga X ou EY1 e EY2 se for viga Y); distância do eixo longitudinal da viga ao eixo de definição, caso não sejam coincidentes, considerando-a positiva no sentido positivo dos eixos X ou Y e a altura do eixo longitudinal da viga em relação ao plano do piso, considerada positiva quando for acima deste. Na figura 2.8 mostra-se a definição de uma viga X, indicando-se seus eixos e caracterizando os parâmetros tramos rígidos e distância. Na figura 2.9 indica-se o parâmetro altura.

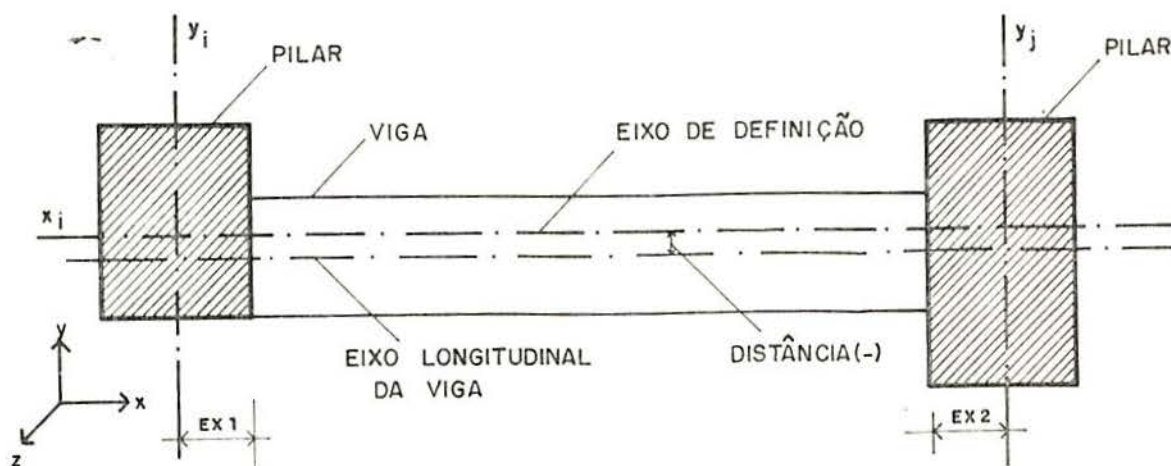


Figura 2.8 - Descrição de uma viga X : planta baixa

Relativo à vinculação, existem três tipos de vínculos em extremo de viga que podem ser especificados, quais sejam:

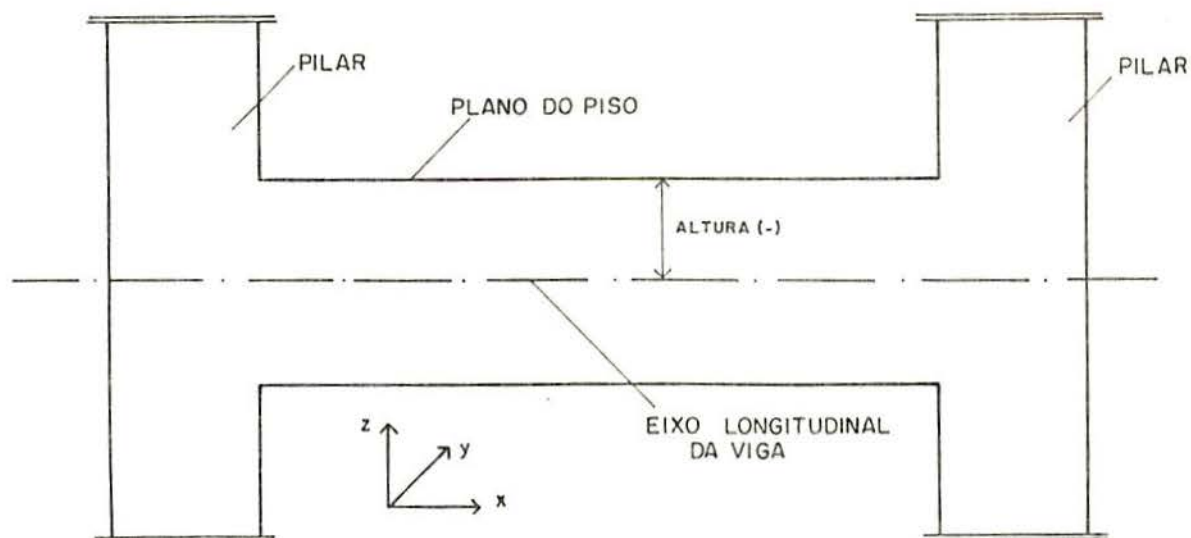


Figura 2.9 - Descrição de uma viga : vista lateral

- a. LIVRE - não impõe restrição alguma em nenhuma direção
- b. APOIO - tem-se restrição aos deslocamentos na direção longitudinal e transversal vertical
- c. ENGASTE - tem-se restrição aos deslocamentos e ao giro

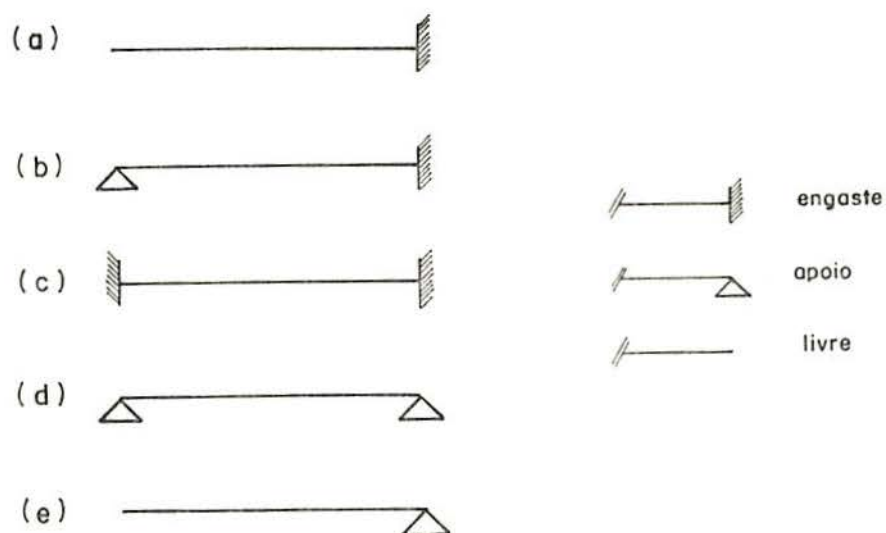


Figura 2.10 - Tipos de vinculação em vigas

A inexistência de indicação quanto à vinculação leva o sistema a assumir que todos os vínculos serão do tipo apoio. A figura 2.10 mostra, de forma esquemática, os tipos de vinculação possíveis em vigas, salientando-se que o tipo especificado na figura 2.10e sómente pode ser considerado no caso de extremo de viga contínua.

2.2.7 Vigas Contínuas

Conforme já foi dito no item anterior, sempre que houver continuidade entre sucessivos vãos definidos ao longo de um determinado eixo, o Sistema PROADE admite a resolução desta estrutura hiperestática como uma viga contínua. Este eixo em que será definida a viga contínua deverá ser sempre um eixo secundário, pois, caso seja primário, a viga contínua pertencerá à estrutura de um pórtico plano, e como tal será resolvida, não podendo, neste caso, nem ser definida como viga contínua.

Para definir uma viga contínua em uma determinada classe de piso, basta informar o número das vigas que a compõem, com o que, através da definição anteriormente feita para cada vão, a viga contínua fica perfeitamente caracterizada.

A vinculação de uma viga contínua é formada a partir da vinculação de cada uma das vigas que a compõem, desde que estaticamente compatíveis.

Na figura 2.11 mostra-se, em vista lateral, uma viga contínua composta de 5 vigas isoladas sucessivas onde admite-se o efeito da continuidade e na figura 2.12 está representado um esquema estrutural da mesma viga contínua.

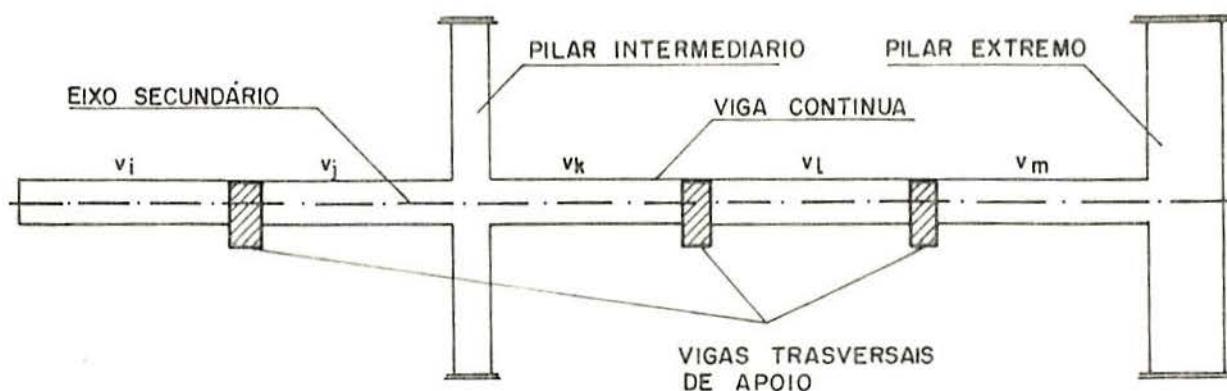


Figura 2.11 - Vista lateral de uma viga contínua de 5 vãos

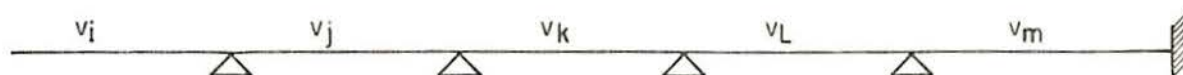


Figura 2.12 - Esquema estrutural da viga contínua da figura 2.11 definida pelas vigas v_j, v_k, v_l, v_m

2.2.8 Classe de Seções

Classe de seções no Sistema PROADE é o agrupamento de todas as seções transversais para o problema. Estas devem ser associadas às vigas ou pilares da estrutura, definindo, assim, a seção transversal de cada um destes elementos estruturais.

Para definir uma classe de seção deve-se informar qual o tipo de seção, os parâmetros relativos às suas dimensões e, também, os valores do módulo de elasticidade (E) e do módulo de corte (G) do concreto. Caso estes últimos não sejam informados, serão adotados os valores fornecidos como constantes gerais para o problema, ES e GS , ou, caso estes também não tenham sido informados, serão adotados os módulos

relativos aos valores-padrão para o sistema.

As seções que podem ser definidas são as seguintes (conforme mostra a figura 2.13) :

- a. retangular
- b. "L"
- c. "T"
- d. "H"
- e. cruz
- f. circular cheia
- g. circular vazada

Para o caso mais genérico, o sistema admite a utilização de uma seção do tipo "Geral", sendo necessário para tanto, a definição dos seguintes parâmetros relativos a esta seção :

- área da seção transversal (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)
- momento estático da seção em relação ao eixo X (S)

2.2.9 Seções de Cálculo

Para se calcular os esforços solicitantes nas vigas da estrutura é necessário informar em quais seções eles devem ser determinados. Assim, após a execução do módulo de dimensionamento, o sistema fornece a armadura principal em cada uma das seções indicadas.

Existem duas formas distintas de se fornecer estas seções. Uma consiste em fornecer, para uma determinada viga, qual o número de seções em que se quer o dimensionamento. Desta forma, o sistema assume que estas estão localizadas equidistantemente umas das outras e o posicionamento exato de cada uma é feito automaticamente. A outra maneira consiste em

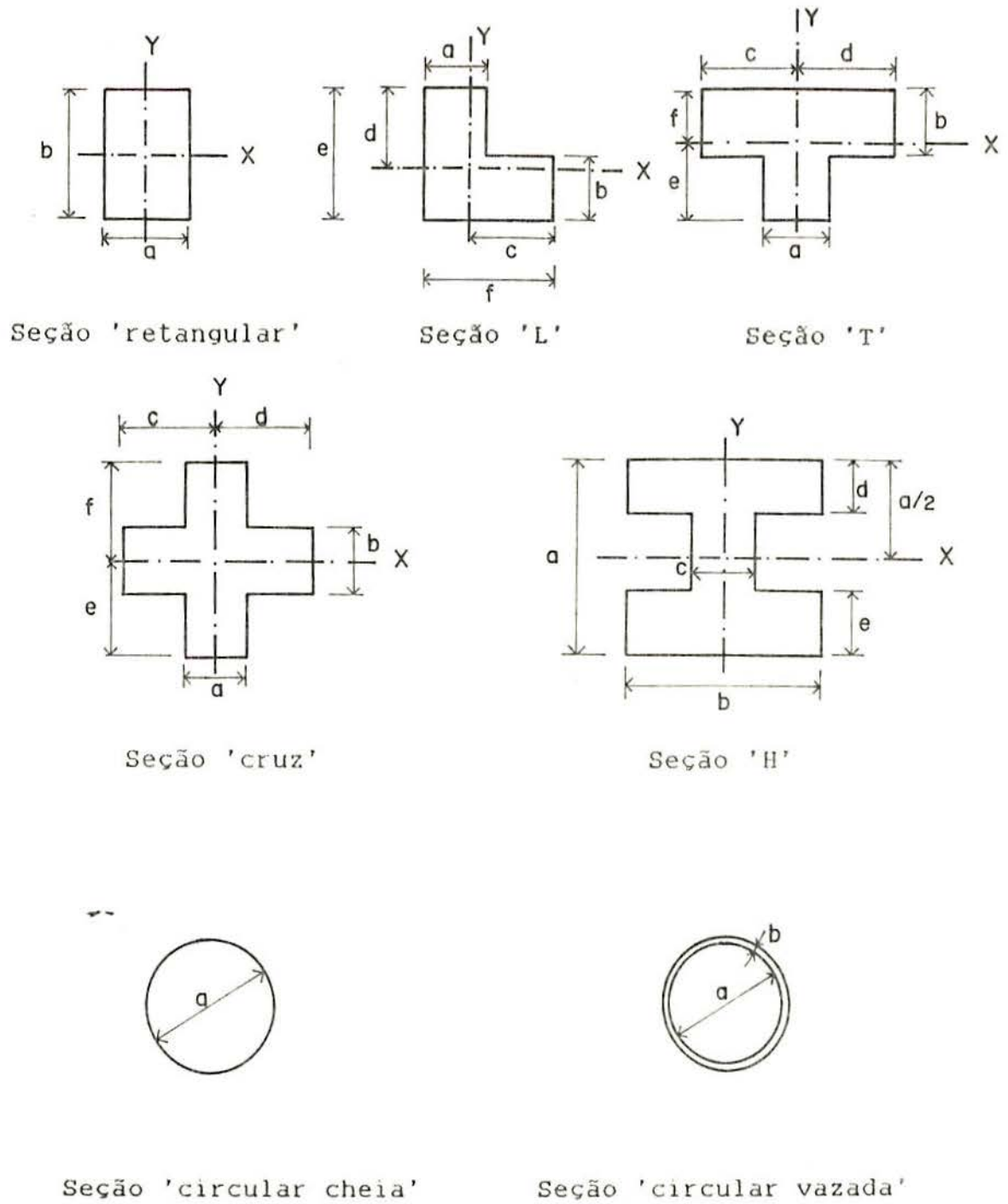


Figura 2.13 - Classe de seções transversais para vigas e pilares e seus parâmetros de definição

se fornecer, para cada uma das seções, sua distância ao apoio esquerdo da viga, tornando seu posicionamento mais flexível. Para cada um dos dois casos, mesmo que não sejam informadas, as seções extremas sempre serão consideradas.

Quando, de nenhuma maneira forem especificadas as seções em uma viga, quer informando-se o seu número quer o posicionamento ao apoio esquerdo, o sistema adota automaticamente o uso de cinco seções de cálculo. Estas, por sua vez, são distribuídas de forma equidistante ao longo da viga, incluindo as seções extremas (seções dos apoios).

O número máximo de seções que poderá ser definida em uma viga será de vinte, incluindo as dos apoios. Nas figuras 2.14 e 2.15 mostra-se cada um dos dois casos acima descritos.

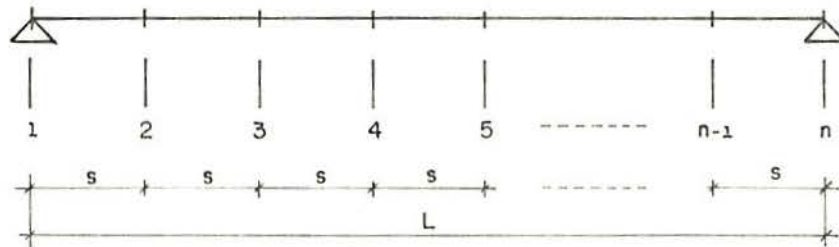


Figura 2.14 - Seções de cálculo distribuídas de forma equidistante em uma viga ("n" seções)

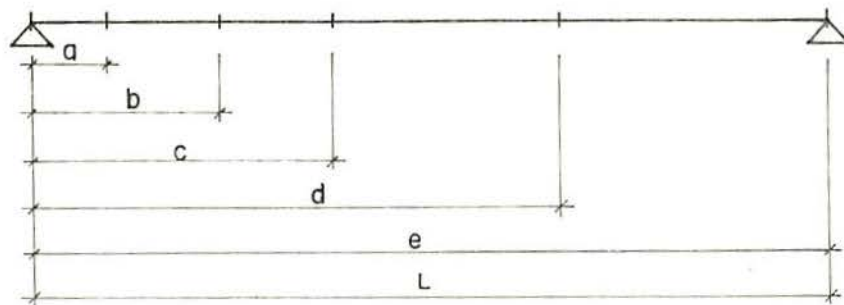


Figura 2.15 - Seções de cálculo posicionadas em relação ao apoio esquerdo de uma viga

2.2.10 Constantes do Sistema

A informação destas constantes é opcional e na sua ausência serão utilizadas as constantes-padrão do

sistema, automaticamente geradas quando da inicialização do problema.

Estas constantes estão definidas no quadro 2.1, podendo ser utilizadas para a resolução de um problema através da Análise Secundária. Elas se apresentam classificadas em três grupos, quais sejam: constantes dos materiais, que descrevem as propriedades das materiais utilizados no problema; constantes geométricas, neste caso tem-se somente a espessura-padrão das lajes, e constantes de carga e de cálculo, que são valores diretamente relacionados com a especificação das cargas e aos valores de cálculo do problema, conforme mostrado em [5].

| CONSTANTE | Especificação | valor-padrão |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| CONSTANTES DOS MATERIAIS | | |
| Ess | mod.de elast.long.padrão do aço | 210000 MPa |
| Es | mod.de elast.long.padrão do concreto | 28617 MPa |
| Gs | mod.de elast.tran.padrão do concreto | 0.4 ES |
| fck | resistência carac.padrão do concreto | 15.3 MPa |
| fcd | resist.de cálculo padrão do concreto | Fck/1.4 |
| fyk | resistência carac.padrão do aço | 509,68 MPa |
| fyd | resist.de cálculo padrão do aço | Fyk/1.15 |
| Aço | tipo padrão do aço | B |
| Poisson | coef. de Poisson padrão do concreto | 0,2 |
| CONSTANTES GEOMETRICAS | | |
| HS | espessura padrão das lajes | 0,10 m |
| CONSTANTES DE CARGA E CÁLCULO | | |
| CPS | carga permanente padrão em lajes | 2,5 KN/m ² |
| CAS | carga acidental padrão em lajes | 2,0 KN/m ² |
| PS | carga distribuida padrão em vigas | 5,0 KN/m ² |
| GAMA | peso específico padrão do concreto | 24,5 KN/m ² |
| GFP | coef.de majoração padrão das Cp | 1,4 |
| GFQ | coef.de majoração padrão das Ca | 1,4 |

Quadro 2.1 - Constantes do Sistema

Ainda relativo ao módulo de elasticidade longitudinal do concreto, cujo valor-padrão está descrito no quadro 2.1, o sistema admite mais duas possibilidades para a definição de E_s , de acordo com as prescrições da NBR 6118/82 [1], visto que pode ser obtido através da resistência característica padrão do concreto (f_{ck}).

A primeira seria relativa ao valor fornecido para f_{ck} , caso este não seja coincidente com o valor padrão, ficando E_s automaticamente definido pela seguinte expressão:

$$E_s = 6600 \sqrt{f_{c_j}}$$

onde

$$f_{c_j} = f_{ck} + 3,5 \quad \text{para } f_{ck} \text{ em MPa}$$

A segunda possibilidade seria relativa à utilização do módulo secante do concreto, tomado igual a 0,9 do módulo de deformação definido. Isto é passível de ser levado em consideração sempre que a deformação da peça possa ser considerada nula ou desprezível, no caso das ações serem de curta duração.

2.2.11 Limites do Sistema

Dentro do Sistema PROADE, para alguns elementos, tais como pilares, vigas e lajes, existe a fixação de limites-padrão do sistema, que podem ser alterados de acordo com as necessidades de cada problema. No quadro 2.2 estão indicados estes limites para diversos itens do sistema.

Esta possibilidade, de alteração dos limites-padrão, deve ser sempre considerada pelo usuário do sistema, haja visto que, quanto maiores os limites especificados, tanto maior será a quantidade de memória a ser ocupada, o que, em certos casos, poderá vir de encontro à capacidade de memória do próprio equipamento que se está utilizando. Assim, estes limites devem ser fixados de maneira a se aproximarem o máximo possível dos valores reais do problema.

| LIMITES DO SISTEMA | |
|--------------------|---------------------|
| Tipos de Elementos | Limites - Padrão |
| Eixo X | 10 |
| Eixo Y | 10 |
| Pisos | 15 |
| Classe de Pisos | 3 |
| Pilares | 60 p/piso |
| Vigas | 60 p/classe de piso |
| Lajes | 30 p/classe de piso |
| Vigas Contínuas | 15 p/classe de piso |
| Classes de Seções | 10 |
| Estados de Carga | 5 |

Quadro 2.2 - Limites do Sistema

2.3 Dados das Cargas Externas

2.3.1 Morfologia e Orientação

No Sistema PROADE, as cargas externas passíveis de serem analisadas através da análise secundária, objeto deste trabalho, são única e exclusivamente as cargas verticais, tanto as de peso próprio como as que agem diretamente sobre as lajes, vigas e pilares em cada piso da estrutura.

Para um melhor entendimento posterior no que se refere à definição dos tipos das cargas que atuam nos diversos elementos estruturais, cabe aqui a definição da terminologia utilizada dentro do sistema de cargas do PROADE, conforme explanado por Brodbeck [5]:

- a. carregamento - carga vertical obrigatória, atuando em vigas, correspondendo à carga permanente e de paredes, e em lajes, correspondentes à carga permanente e

- acidental.
- b. estados de sobrecarga - o estado de sobrecarga indica de que forma ocorre a atuação das cargas acidentais nas lajes de uma estrutura. No Sistema PROADE tem-se dois modos de atuação destas cargas, de acordo com o estado de sobrecarga (SO). No SO 0, tem-se que as cargas acidentais atuam somente em determinadas lajes - definidas dentro deste SO, e no SO 1 tem-se as cargas acidentais atuando sobre as lajes restantes, isto é, não levadas em consideração no outro estado. Este tipo de consideração é de capital importância na busca da situação de carregamento mais desfavorável, levando à obtenção das piores solicitações, principalmente quanto aos momentos fletores no topo dos pilares.
- c. carga extras - são cargas adicionais atuando verticalmente em lajes, vigas e pilares ao nível dos pisos da estrutura. Estes tipos de cargas podem ser causadas, por exemplo, por cargas de paredes agindo sobre lajes e vigas, não especificadas em "carregamento" ou por cargas concentradas, tais como pela atuação de uma máquina ou mesmo de um pilar no interior de uma laje. Estas cargas devem estar sempre agrupadas em "estados de cargas extras".
- d. estados de cargas extras - cada estado de cargas extras é formado por um conjunto de cargas extras, para o qual será obtido um conjunto de solicitações independentes.
- e. estados de carga - no Sistema PROADE, estado de carga significa um conjunto de cargas de mesmo tipo, determinando um conjunto de solicitações independente. Portanto, para cada estado de carga é gerado um conjunto de solicitações independente, tornando possível determinar através de inúmeras configurações, qual a mais desfavorável, ou melhor, aquela onde são produzidas as maiores solicitações. Na Análise Secundária os estados de cargas possíveis podem atingir no máximo o número de cinco, quais sejam :
1. carga permanente
 2. carga acidental, estado de sobrecarga 0
 3. carga acidental, estado de sobrecarga 1
 4. estado de cargas extras 1
 5. estado de cargas extras 2

Neste trabalho, como as cargas consideradas serão verticais, para todos os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares) a orientação positiva de aplicação das cargas será sempre considerada como sendo a de orientação contrária ao eixo Z.

Na realidade, o Sistema PROADE, analisado sob o aspecto global, admite um número de nove estados de cargas, sendo acrescentados aos anteriores as cargas de vento e sismo, atuando nas direções X e Y. Como, porém, estas cargas somente são analisadas através da análise primária, optou-se por não abordá-las aqui neste trabalho, indicando-se, para maiores detalhes a respeito, o trabalho desenvolvido por Ellwanger [9].

2.3.2 Cargas em Lajes

2.3.2.1 Cargas Permanentes

Nas lajes as cargas permanentes representam apenas o peso dos revestimentos atuantes, já que o peso próprio é computado automaticamente a partir da espessura da laje e do peso específico do concreto, e somado à carga permanente durante a análise. Caso não seja informado o valor da carga permanente, a constante CPS (carga permanente padrão em lajes) é assumida em seu lugar.

2.3.2.2 Cargas Acidentais

Nas lajes as cargas acidentais são representadas por todos os tipos de cargas possíveis de ter sua atuação cessada abruptamente, ou seja, cargas com uma atuação transitória e temporária sobre a laje.

Ao se fornecer as cargas acidentais para uma determinada laje pertencente a uma dada classe de piso é necessário informar a que estado de sobrecarga esta laje pertence, 0 ou 1. Nas figuras 2.16 e 2.17 mostra-se uma mesma estrutura, pavimento-tipo, onde tem-se as lajes achureadas

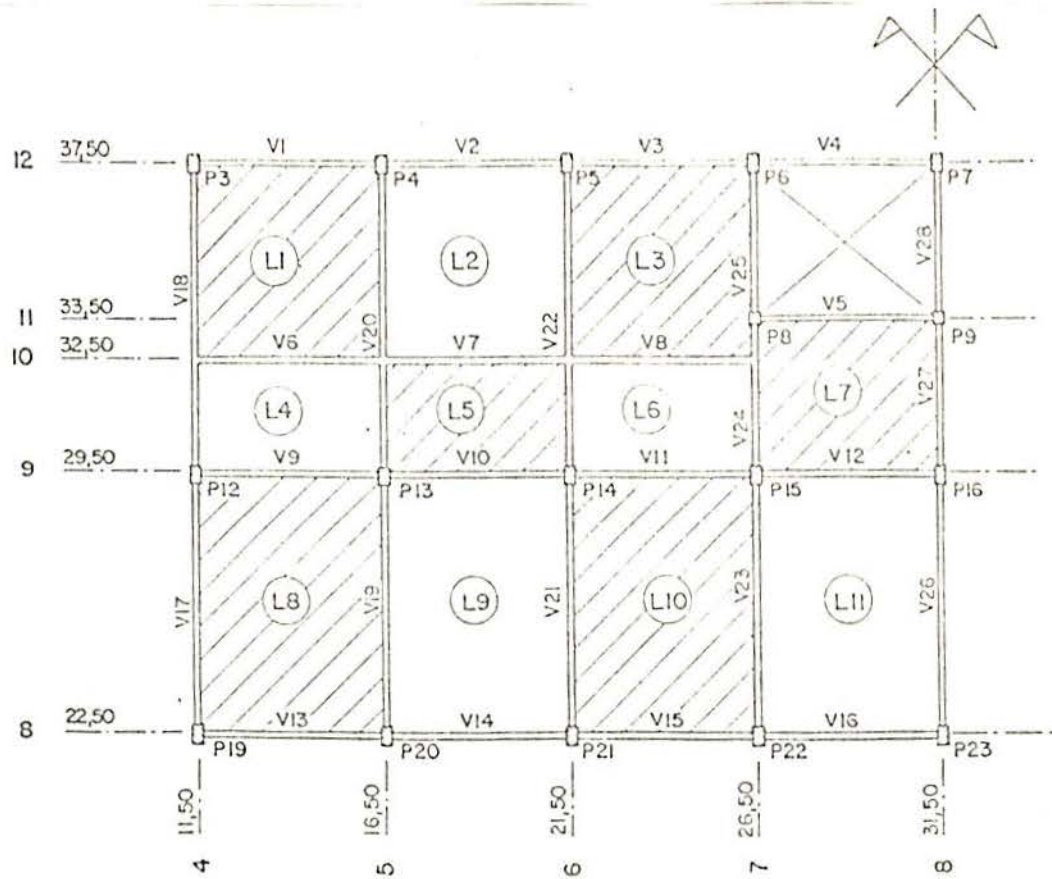


Figura 2.16 - Lajes submetidas à carga acidental no estado de sobrecarga 0

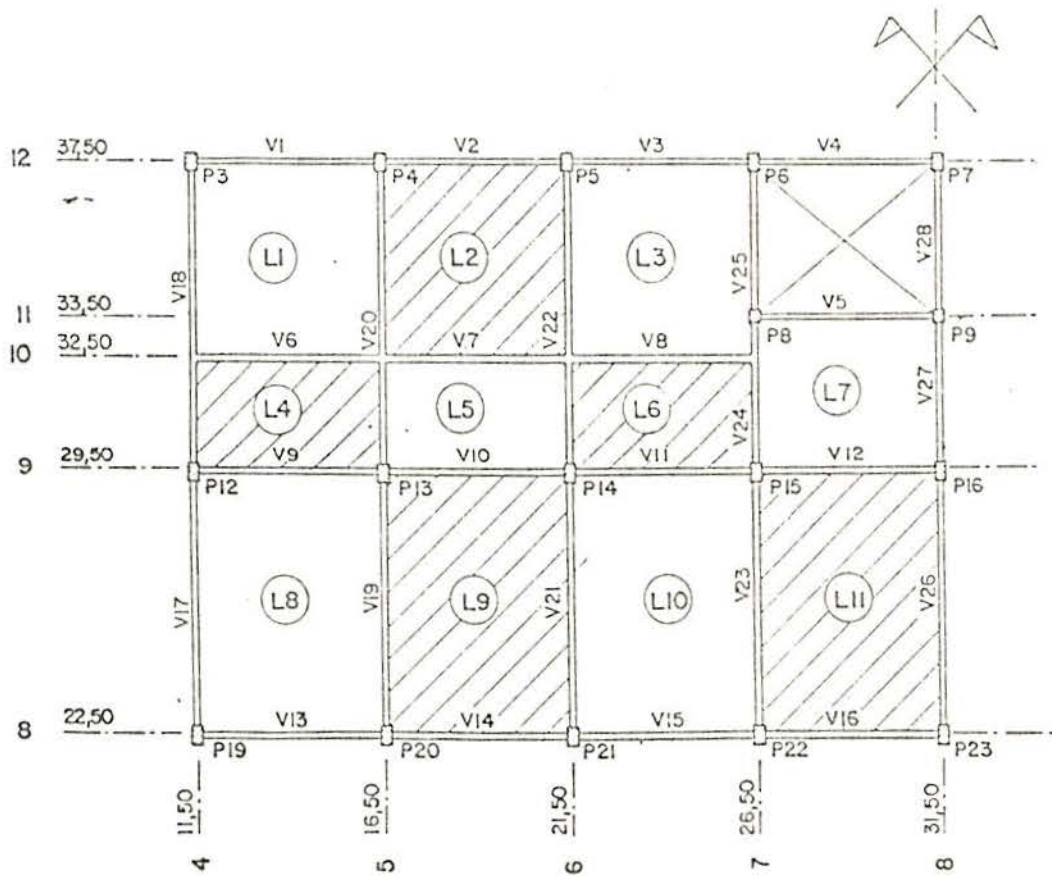


Figura 2.17 - Lajes submetidas à carga acidental no estado de sobrecarga 1

sujeitas a cargas acidentais no estado de sobrecarga 0 (figura 2.16) e no estado de sobrecarga 1 (figura 2.17), sendo este último formado pelas lajes não consideradas no caso anterior (isto é, as lajes não achureadas da figura 2.16).

Se nada for especificado relativo à carga acidental de uma laje, a constante CAS (carga acidental padrão em lajes) é tomada para o estado de sobrecarga 0.

2.3.2.3 Cargas Extras

Como já foi dito, as cargas extras permitem informar aquelas cargas adicionais verticais que não pertencem ao conjunto das cargas permanentes ou acidentais atuantes. Até o presente, está implantado na Análise Secundária a análise de lajes sujeitas à cargas superficiais, ou seja, cargas uniformemente distribuídas sobre toda a sua superfície, com taxa de carga constante. Já estão previstas, porém ainda não em fase de funcionamento, a análise devido à cargas concentradas e lineares.

2.3.3 Cargas em Vigas

2.3.3.1 Cargas Permanentes

Nas vigas, as cargas permanentes representam apenas o peso das paredes e dos revestimentos atuantes sobre as mesmas. Da mesma forma que nas lajes, o peso próprio é computado automaticamente a partir da definição da seção transversal das vigas e peso específico do concreto, sendo acrescido às anteriores durante o processo de análise. Caso não seja fornecido o valor das cargas permanentes, será tomada a constante PS (carga distribuída padrão em vigas). Aqui, uma observação torna-se imprescindível. Não existindo carga permanente sobre uma determinada viga, mesmo assim é necessário fornecer o valor da mesma, neste caso tomada igual à zero, senão, será tomada a constante PS, e, num aspecto mais global,

não sofrendo nenhuma viga a ação de cargas permanentes, pode-se fazer diretamente PS igual à zero, quando do fornecimento das constantes do sistema.

2.3.3.2 Cargas Extras

Nas vigas as cargas extras são todas aquelas que não pertencem ao conjunto das cargas permanentes, ou, como tais não possam ser definidas. As cargas extras podem ser de quatro tipos:

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

Nas figuras 2.18 a 2.21 estão indicados, de uma forma esquemática, os quatro tipos de cargas em vigas, acima descritos, e seus parâmetros de definição (a orientação das cargas está de acordo com o sentido positivo das mesmas).

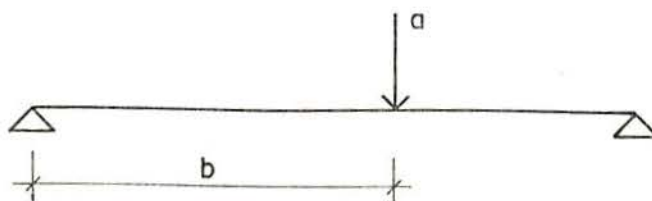


Figura 2.18 - Carga concentrada em vigas, parâmetros:
a = valor da força
b = distância ao apoio esquerdo

não sofrendo nenhuma viga a ação de cargas permanentes, pode-se fazer diretamente PS igual à zero, quando do fornecimento das constantes do sistema.

2.3.3.2 Cargas Extras

Na vigas as cargas extras são todas aquelas que não pertencem ao conjunto das cargas permanentes, ou, como tais não possam ser definidas. As cargas extras podem ser de quatro tipos:

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

Nas figuras 2.18 a 2.21 estão indicados, de uma forma esquemática, os quatro tipos de cargas em vigas, acima descritos, e seus parâmetros de definição (a orientação das cargas está de acordo com o sentido positivo das mesmas).

Figura 2.18 - Carga concentrada em vigas, parâmetros:

a = valor da força

b = distância ao apoio esquerdo

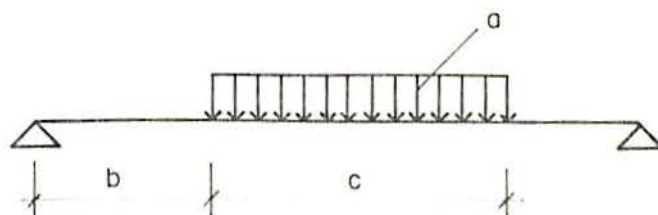


Figura 2.19 - Carga uniforme em vigas, parâmetros:
 a = taxa de carga por unidade de comprimento
 b = distância ao apoio esquerdo
 c = comprimento do trecho carregado

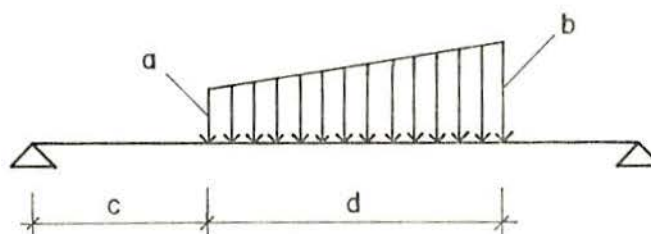


Figura 2.20 - Carga linear em vigas, parâmetros:
 a = valor da carga no início do trecho
 b = valor da carga no fim do trecho
 c = distância da carga ao apoio esquerdo
 d = comprimento do trecho carregado

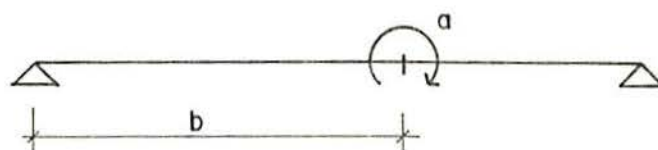


Figura 2.21 - Carga de momento em vigas, parâmetros:
a = valor do momento
b = distância ao apoio esquerdo

2.3.4 Reações

Dentro da Análise Secundária do Sistema PROADE, e ao longo de todas as fases do processo, as reações obtidas em uma fase passam a ser consideradas como cargas na etapa seguinte e somadas às demais cargas do mesmo estado de carga, para a qual está sendo feita a análise.

Senão, vejamos: as reações obtidas através da fase de cálculo das lajes são aplicadas, automaticamente, como cargas nas vigas que servem de apoio a cada bordo da laje, já as reações das vigas secundárias irão atuar como cargas em outras vigas (secundárias ou primárias) e pilares que sirvam de apoio (ver item 2.6); e, por fim, as reações dos pilares serão fornecidas ao usuário para que, a partir delas, possa ser executado o projeto das fundações.

2.4 Resultados da Análise

2.4.1 Estados de Carga

Todos os elementos estruturais a serem considerados pela Análise Secundária, lajes ou vigas, serão submetidos aos seguintes estados de carga :

- a. carga permanente
- b. carga acidental - estado de sobrecarga 0
- c. carga acidental - estado de sobrecarga 1
- d. cargas extras - máximo de dois

Feito isto, as reações destes elementos estruturais aqui obtidos serão consideradas como cargas quando da execução da Análise Secundária, e, quando for o caso, da Análise Primária, conforme está explanado no item 2.6.

2.4.2 Esforços nas Lajes

Os esforços nas lajes são obtidos na Análise Secundária por laje, por classe de piso e por estado de carga. Dentre estes esforços tem-se: momentos fletores, reações, forças de canto e flexa máxima, conforme a relação a seguir:

- a. momento fletor máximo na direção X (M_{xmax})
- b. momento fletor máximo na direção Y (M_{ymax})
- c. momento fletor nas bordas 1 a 6 (M_1 a M_6)
- d. força de canto nos vértices (F_1 a F_6)
- e. flecha máxima
- f. reações distribuídas nas bordas (R_1 a R_6)

Na figura 2.22 tem-se a indicação dos esforços nas lajes e suas respectivas convenções de sinais.

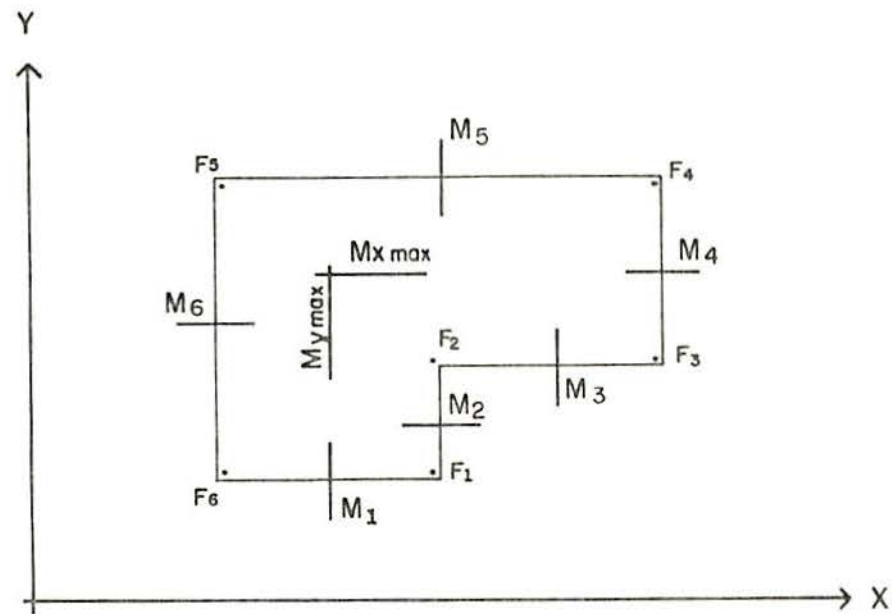
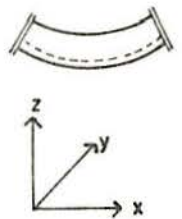


Figura 2.22 - Esforços em lajes, convenções :

- momentos positivos
tração nas fibras inferiores
- forças positivas
sentido positivo do eixo Z



2.4.3 Esforços nas Vigas

Os esforços nas vigas secundárias são obtidos por viga, por piso e por estado de carga. Neste ponto, deve-se notar que, apesar de todos os dados das vigas, inclusive as cargas serem fornecidos por classe de piso, todos os esforços são calculados por piso. Este procedimento é feito desta forma para que exista, posteriormente, compatibilidade quando da análise dos pórticos (através da Análise Primária), pois os deslocamentos nos pórticos variam de piso para piso. No caso da viga ser contínua, seus esforços serão obtidos para cada um dos vãos que a compõem.

Assim, para cada viga, os esforços são obtidos para todas as seções definidas pelo usuário ou assumidas pelo sistema.

Estes esforços, indicados na figura 2.23 juntamente com sua convenção de sinais, são os seguintes :

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

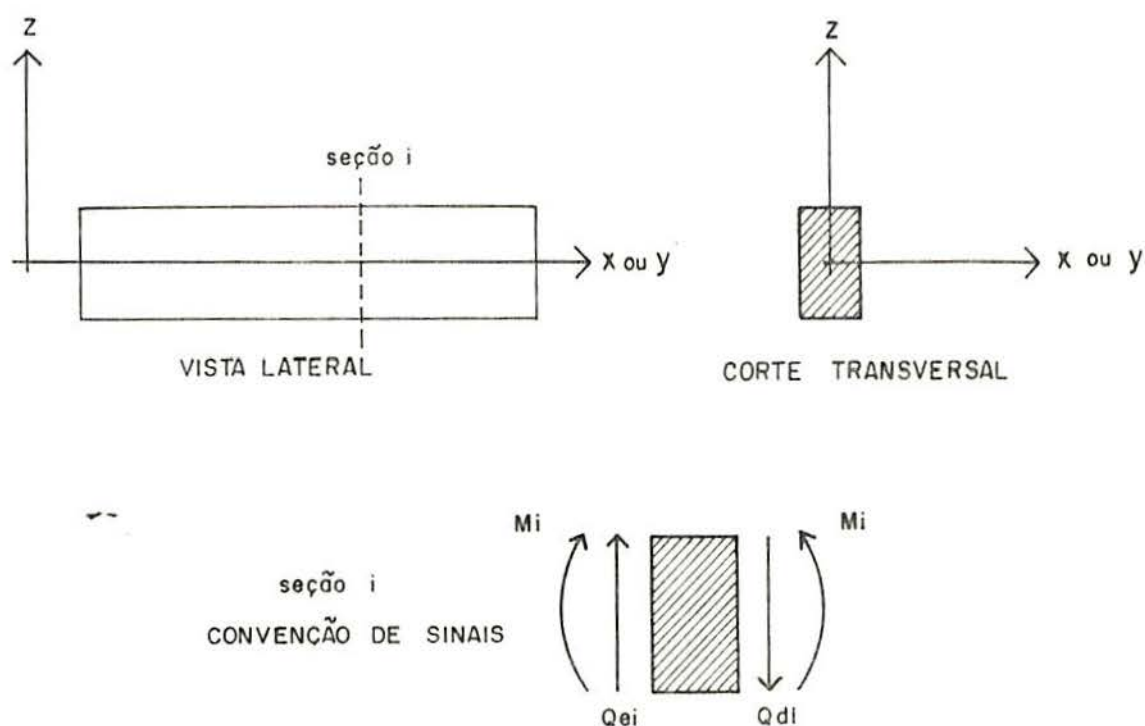


Figura 2.23 - Esforços em Vigas

2.5 Resultados do dimensionamento

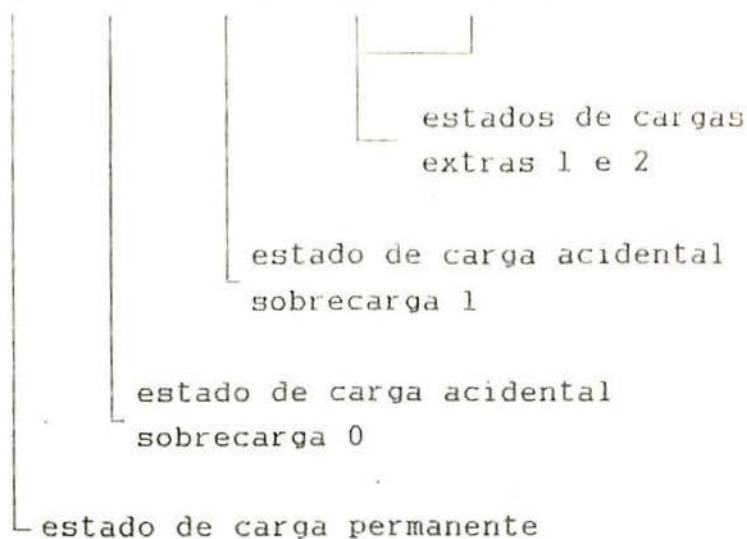
2.5.1 Solicitações de Cálculo

Após a obtenção dos esforços nos elementos estruturais, lajes por classe de piso e vigas por piso, para todos os estados de carga (ver item 2.3.1.e), faz-se necessário pesquisar qual a combinação mais desfavorável de esforços devido à atuação simultânea ou isolada dos diversos estados de carga sobre cada elemento estrutural.

O número e o conjunto das combinações possíveis é obtido pelo próprio sistema a partir do número de estados de carga existentes. Sendo este número variável em função da existência ou não dos estados de carga accidental (sobrecarga 0 e 1) e dos estados de cargas extras.

Como a atuação do estado de carga permanente está intimamente ligada à própria existência do elemento estrutural, este estado será composto com toda e qualquer combinação entre os demais estados de carga. Assim, o conjunto máximo de estados de carga é o seguinte :

$$A = [CP , CA1 , CA2 , CE1 , CE2]$$



Como "CP" fará parte de qualquer combinação, temos a formação de dois subconjuntos de A :

$$B = [CP]$$

$$C = [CA1 , CA2 , CE1 , CE2]$$

Desta maneira, o número total de combinações possíveis será obtido a partir da soma da combinação entre B e C e dos subconjuntos destes derivados, com o número de elementos variando de 3 até 1 para cada subconjunto. Genericamente, em função das possíveis oscilações quanto ao número de estados de carga que formam o conjunto C, pode-se exprimir este valor a partir do formulário da Análise Combinatória, qual seja:

$$C_{(NAC+NEC)}^{(1+NAC+NEC-I)} = \frac{(NAC+NEC)!}{(I-1)! (1+NAC+NEC-I)!} \quad (2.1)$$

onde :

NAC = número de estados de cargas acidentais

NEC = número de estados de cargas extras

I = variando de 1 até (NAC+NEC)

Para o caso específico de NAC = 2 e NEC = 2, na ocorrência de todos os estados de carga possíveis, tem-se que :

$$C_4^{5-I} = \frac{4!}{(I-1)! (5-I)!} \quad (2.2)$$

Substituindo I em (2.2) obtém-se, para este caso, o número máximo de combinações igual a 15, que, acrescida ao número unitário de combinações do conjunto B, chega-se ao número final de 16 combinações possíveis.

Assim, para cada uma destas combinações deverão ser obtidos os esforços totais atuantes em cada elemento estrutural e no passo seguinte, já visando o dimensionamento de cada um destes elementos, deve-se pesquisar quais as solicitações mais desfavoráveis dentre as obtidas para as diversas combinações.

Com relação aos fatores de majoração, fornecidos para cada estado de carga através das constantes do sis-

ma, estes são levados em consideração sempre quando da composição dos esforços de cada uma das combinações possíveis.

2.5.2 Esforços Finais e Armaduras nas Lajes

No dimensionamento das lajes, obtêm-se os seguintes resultados finais, por laje e por classe de piso:

- a. M_{xmax} - momento principal máximo na direção X
- b. M_{ymax} - momento principal máximo na direção Y
- c. M_{lmax} a M_{6max} - momento máximo nas bordas de 1 a 6
- d. F_{lmax} a F_{6max} - força de canto máxima nos vértices de 1 a 6
- e. As_x - área de armadura principal tracionada na direção X
- f. As_x' - área de armadura principal comprimida na direção X
- g. As_y - área de armadura principal tracionada na direção Y
- h. As_y' - área de armadura principal comprimida na direção Y
- i. As_1 a As_6 - área de armadura tracionada nas bordas de 1 a 6
- j. As_1' a As_6' - área de armadura comprimida nas bordas de 1 a 6

No caso específico das lajes, os momentos e áreas de armadura são obtidas para uma faixa unitária de um metro de largura e as forças de canto são consideradas concentradas nos vértices.

Na figura 2.24 indica-se a localização dos diversos tipos de armaduras existentes nas lajes.

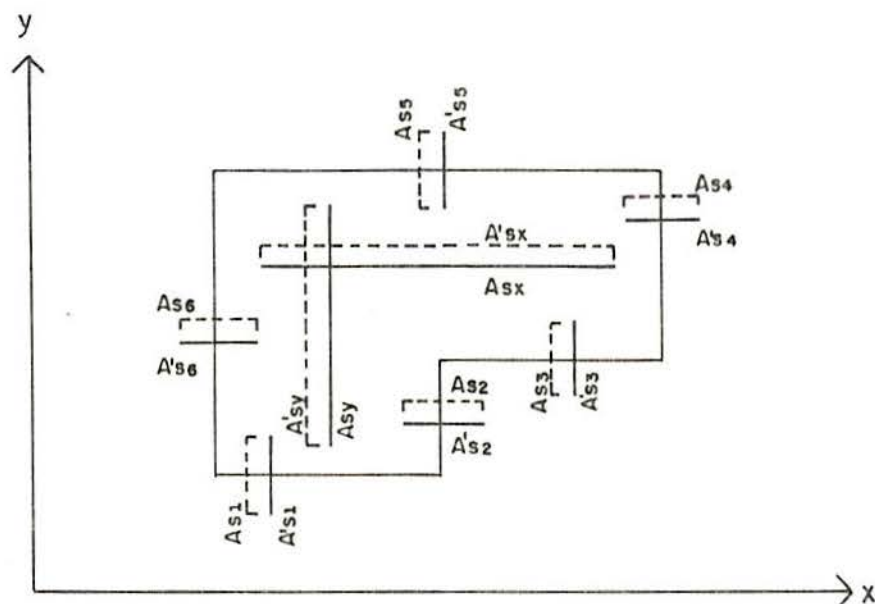


Figura 2.24 - Armadura em lajes

2.5.3 Esforços Finais e Armaduras nas Vigas

No dimensionamento das vigas, obtêm-se os seguintes resultados finais para cada seção, por viga e por piso:

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

Conforme está indicado nos itens 'g' e 'h', as armaduras transversais (estribos) A_{swe} e A_{swd} , respectivamente, devem ser sempre tomadas em valor absoluto, o sinal indicará o

ângulo de inclinação da armadura em relação ao eixo longitudinal da peça, conforme especifica-se na figura 2.25.

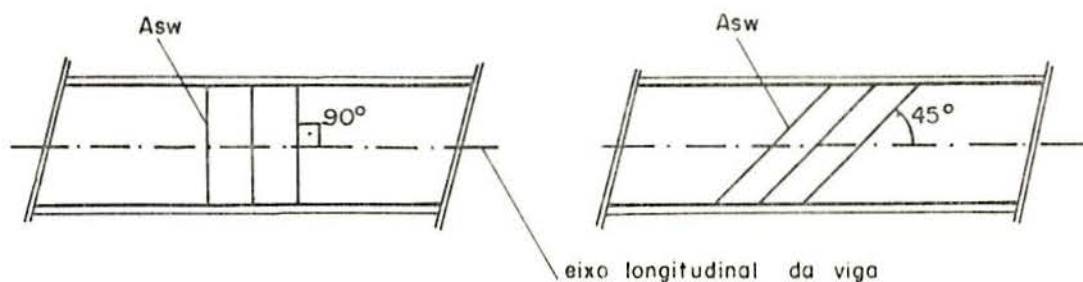


Figura 2.25 - Estribos em Vigas (ângulos de inclinação)

Na figura 2.26 indica-se a localização dos diversos tipos de armaduras existentes nas vigas.

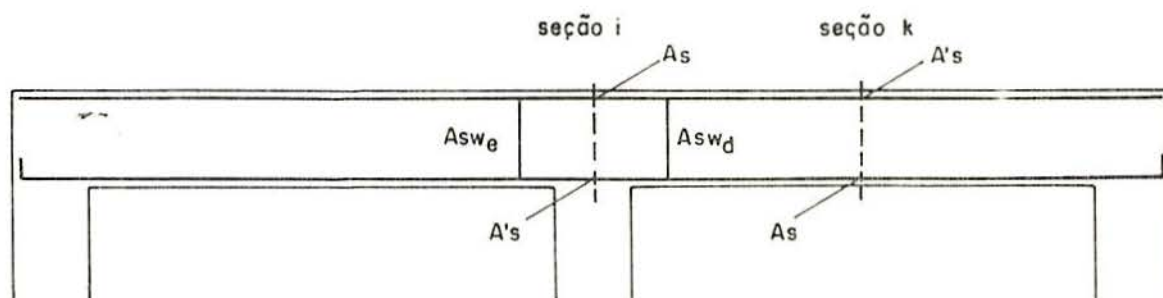


Figura 2.26 - Armaduras em Vigas

2.6 Compatibilidade entre a Análise Secundária e Primária

Conforme já havia sido referido no item 2.4.1, a compatibilidade entre as Análises Primária e Secundária é feita ao nível das cargas atuantes sobre os elementos estruturais pertencentes aos pórticos planos, vigas primárias e

pilares. Estas cargas podem ser classificadas em dois tipos, as definidas como atuantes diretamente sobre estes elementos e as provenientes das reações das lajes e vigas secundárias sobre os elementos dos pórticos.

Neste segundo caso, porém, estas reações não são utilizadas como cargas de uma maneira explícita, mas sim, através da consideração das forças de engastamento perfeito e das solicitações produzidas em cada uma das seções de cálculo das vigas primárias por estas reações (consideradas agora como cargas), o que é perfeitamente compatível com o sistema estrutural de um pórtico. Desta forma, evita-se armazenar uma grande quantidade de dados relativos às reações da estrutura secundária sobre a primária, tornando a compatibilidade entre os dois sistemas bem mais otimizada.

No caso dos pilares dos pórticos, as próprias reações são impostas como cargas e como tais são armazenadas.

Todos estes procedimentos são sempre executados por estado de carga, para que, quando da Análise Primária, os acessos sejam compatíveis.

Nas figuras 2.27 a 2.28 mostra-se os tipos de reações que podem ser transmitidas pelas lajes e vigas secundárias às primárias, indicando-se, em cada caso, as forças de engastamento perfeito que, compostas com as cargas, possibilitam a obtenção das solicitações em cada seção de cálculo das vigas primárias.

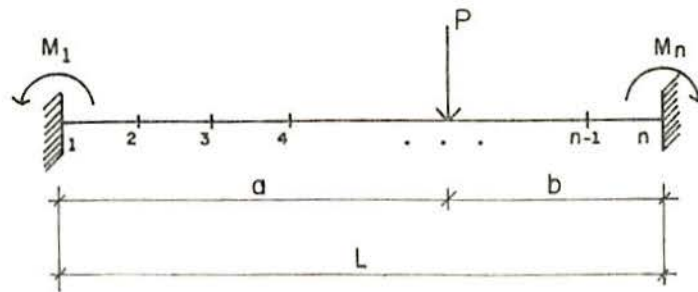


Figura 2.27 - Esforços de Engastamento Perfeito
Carregamento concentrado
(reações das vigas)

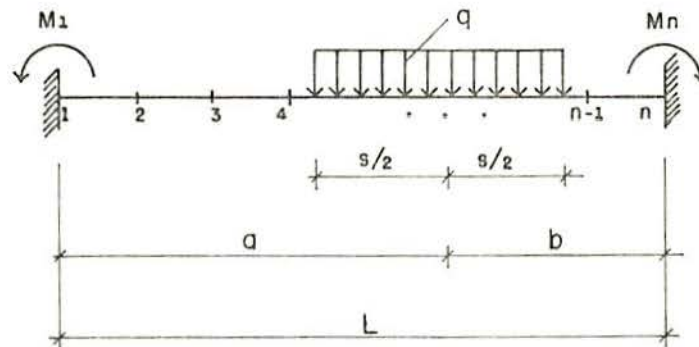


Figura 2.28 - Esforços de Engastamento Perfeito
Carregamento uniformemente distribuido
(reações das lajes)

C A P Í T U L O 3

3. ANÁLISE DOS ELEMENTOS LAMINARES (LAJES)

3.1 Descrição

Neste capítulo será abordado o cálculo de todos os elementos laminares (lajes) que compõem o pavimento. O processo de análise é executado por laje, por estado de carga e por classe de piso. Desta forma, os resultados finais são obtidos e armazenados para cada "pavimento-tipo" da estrutura, ocupando menos espaço da memória.

Dentro do sistema, a análise de lajes é controlada por uma rotina principal chamada ANALAJ. Esta rotina tem a incumbência de ordenar de uma maneira lógica e adequada todos os procedimentos necessários para a solução de uma laje.

Para que possa ser inicializada esta análise, como qualquer outra da Análise Secundária, é necessário que todos os dados relativos à geometria e às cargas externas da estrutura já tenham sido fornecidos pelo usuário e seja definido o carregamento atuante na laje que será calculada em função de seu estado de carga. Caso o estado de carga seja devido à carga permanente ou acidental, obrigatoriamente este carregamento será composto por uma carga uniformemente distribuída e para tal serão obtidos os resultados. Caso contrário, sendo o estado de carga devido às cargas extras, este carregamento poderá ser formado por cargas superficiais (uniformemente distribuídas), ver item 2.3.2.3, e já estão previstos

para implementação futura carregamentos lineares e concentrados. Para a obtenção dos esforços, o cálculo será executado para cada carregamento em separado, sendo que os resultados finais serão obtidos por sobreposição de efeitos.

Feito isto, a análise da laje poderá ser efetivamente iniciada. Como parâmetros de entrada para a rotina ANALAJ, além dos já citados, classe de piso, estado de carga, número da laje e dados relativos ao carregamento, tem-se também: as dimensões da laje através da indicação dos eixos que limitam seus bordos, a vinculação, o método de cálculo a ser utilizado e, por fim, a espessura da laje.

Internamente a rotina ANALAJ segue uma orientação lógica e compatível com a solução do problema. Em primeira instância é definido para que tipo de carregamento (superficial, linear ou concentrado) será efetuado o cálculo; o tipo de laje em questão (retangular ou em "ELE") e a sua vinculação. Relativa à geometria da laje, esta fica perfeitamente definida a partir do número de bordos existentes, 4 no caso retangular e 6 no caso em "ELE". Neste ponto a rotina ANALAJ tem dois rumos a seguir, cada qual compatível com a geometria da laje a ser calculada.

No caso de laje retangular, deve-se fazer duas distinções: lajes armadas em uma ou duas direções. No primeiro, armada em uma direção (ver item 3.2.1), a laje será abordada através do processo elástico, independentemente do método de solução solicitado pelo usuário. Seus esforços serão obtidos como se a laje trabalhasse como uma viga, admitindo-se deformações em somente uma direção.

No caso contrário, armada em duas direções, é permitida a utilização de qualquer método de cálculo, de acordo como o tipo de análise requerida pelo usuário, rígido-plástica ou elástica, conforme recomenda a NBR 6118/82 [1]. Sendo a análise rígido-plástica, tem-se a disposição o Método das Linhas de Ruptura, baseado na teoria de Johansen, onde são obtidos todos esforços característicos, momentos fletores e reações, compatíveis com o método em questão (ver item 3.3). Sendo requerida a análise elástica, a solução poderá ser alcançada por

dois métodos : o Método de Marcus (ver item 3.2.2) ou o Método de Elementos Finitos (ver item 3.2.3). Neste último, as reações são calculadas através do próprio método, sendo que, no caso da laje ser armada em duas direções através do Método de Marcus, as reações são obtidas segundo procedimento recomendado pela NBR 6118/82 [1] (ver item 3.2.4).

No caso da laje em "ELE", atualmente a análise só está sendo feita pelo processo elástico utilizando-se o Método de Elementos Finitos, onde são calculados todos os esforços solicitantes, momentos fletores e reações. Apesar disto, o sistema já foi desenvolvido para, mais adiante, também resolver lajes com esta geometria pelo Método das Linhas de Ruptura.

Assim, para cada estado de carga são obtidos todos os esforços solicitantes na laje. Estes são armazenados na memória para, ao final, serem combinados com os esforços relativos aos demais estados de carga atuantes. Fruto desta combinação, obtêm-se todos os esforços máximos para os quais a laje será dimensionada.

A figura 3.1 mostra o fluxograma básico da etapa de análise dos elementos laminares (lajes) com suas diversas fases. No Apêndice B este fluxograma é abordado em maior profundidade, descrevendo todas as rotinas que o compõem.

3.2 Análise Elástica

3.2.1 Lajes Armadas em Uma Direção

O sistema define que uma laje deve ser armada em uma direção sempre que, a partir de seus dados de geometria e vinculação, a laje se enquadre em um dos casos a seguir descritos, válidos para carregamento superficial, atualmente implantado:

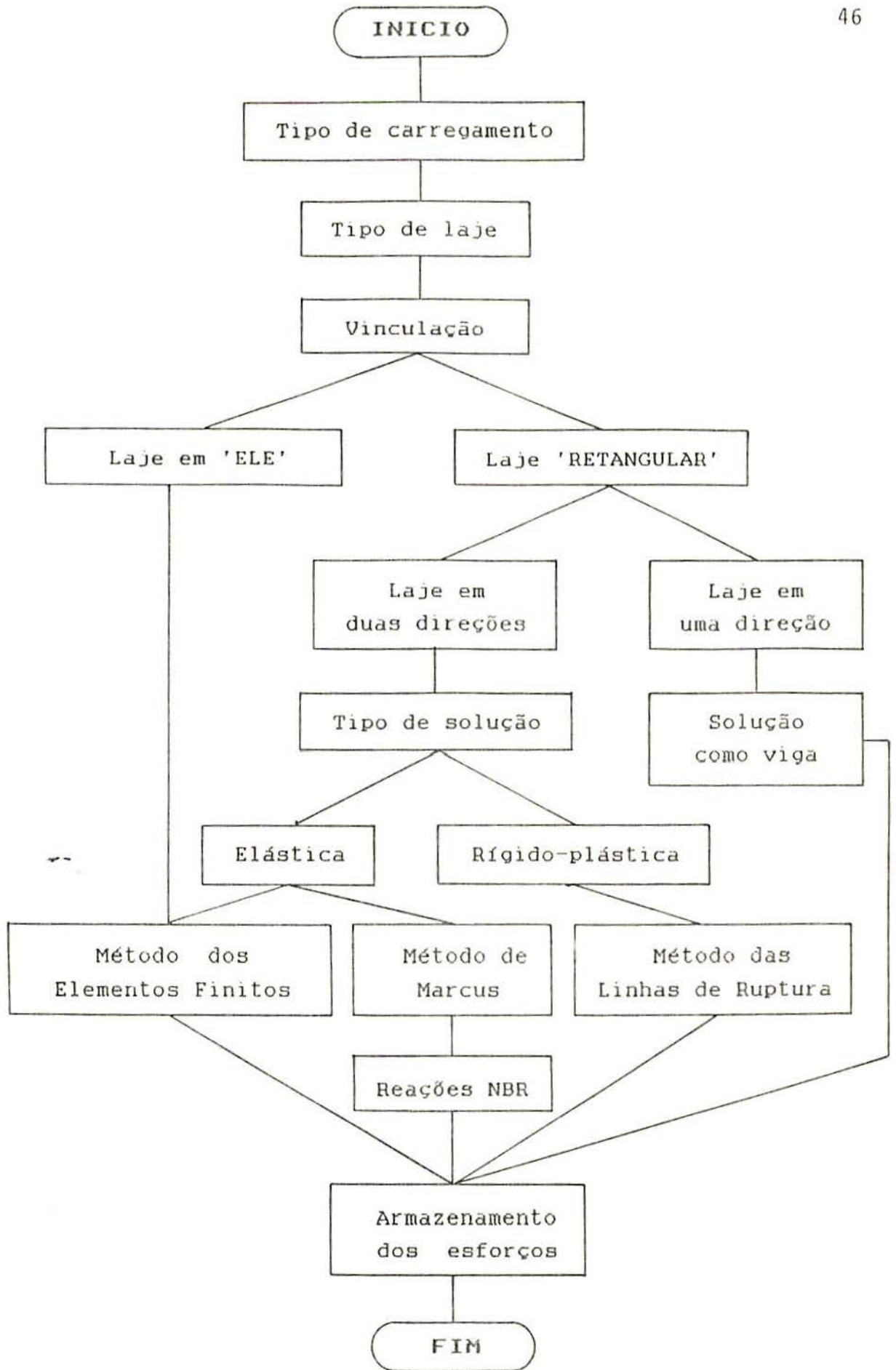


Figura 3.1 - Fluxograma da análise de lajes

- a. a relação entre os vãos seja maior do que 2 ou menor do que 0.5
- b. que existam dois bordos livres paralelos
- c. que existam três bordos livres (laje em balanço)

Na figura 3.2 estão representados, com maior clareza, cada um destes casos.

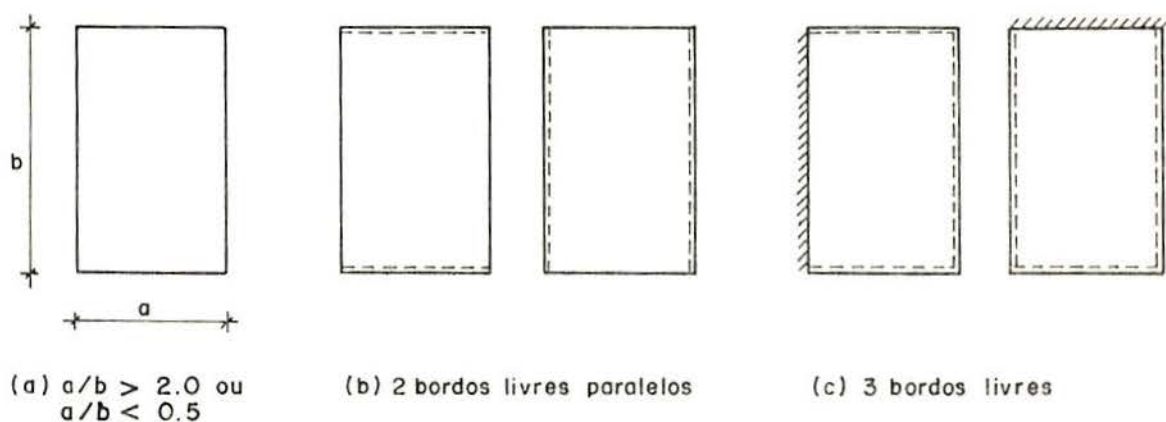


Figura 3.2 - Casos de lajes armadas em uma direção

Quando isto ocorrer, os momentos fletores e as reações são calculados somente segundo uma direção, para a sua carga total. Portanto, sendo a armadura calculada para apenas o vão paralelo a esta direção. Na outra direção é disposta somente uma armadura mínima de distribuição.

Desta forma, as lajes armadas em uma direção terão seus esforços obtidos a partir da sua vinculação e dimensão de um de seus vãos, podendo ser simplesmente apoiadas, engastada-apoiadas, bi-engastadas ou simplesmente engastadas, conforme mostra a figura 3.3.

Assim, seus esforços serão obtidos da seguinte forma, todos eles relativos a uma faixa unitária de um metro (onde M = momentos positivos; M' = momentos negativos; R_a e R_b = reação nos apoios 'a' e 'b', respectivamente; L = vão na direção considerada e q = carga uniformemente distribuída):

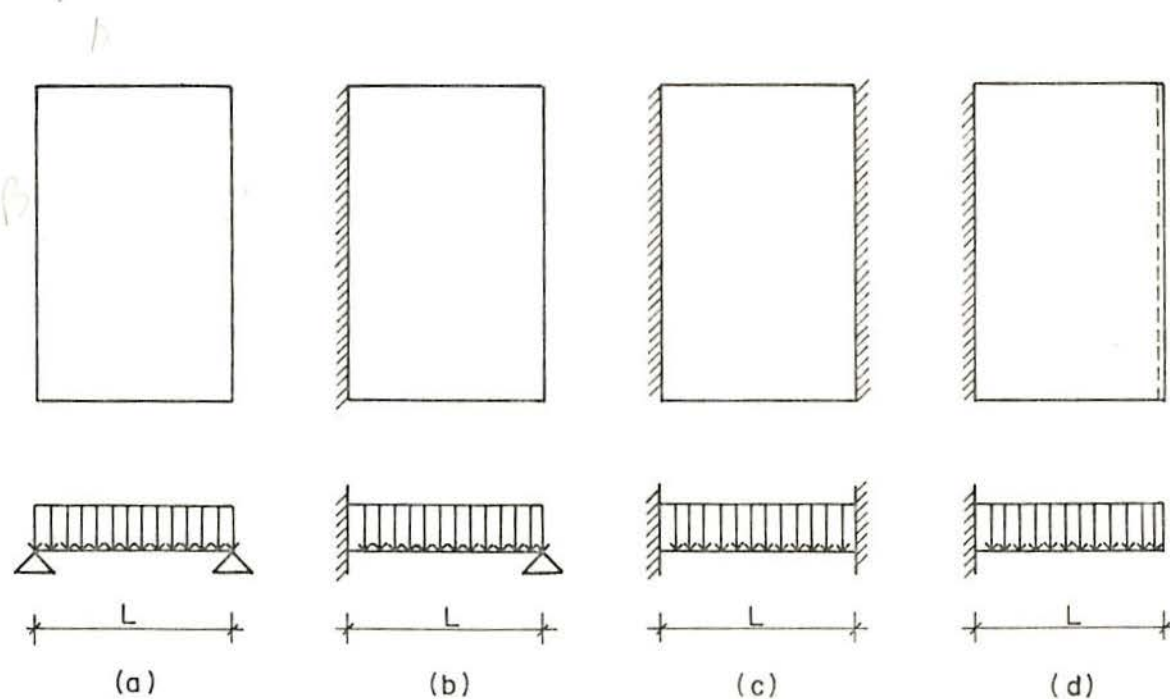


Figura 3.3 - Lajes armadas em uma direção
Tipos de vinculação

a. Laje simplesmente apoiada

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$R_a = \frac{q \cdot L}{2}$$

$$R_b = \frac{q \cdot L}{2}$$

b. Laje engastada-apoiada

$$M = \frac{q \cdot L^2}{(128/9)}$$

$$M' = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$R_a = \frac{5 \cdot q \cdot L}{8}$$

$$R_b = \frac{3 \cdot q \cdot L}{8}$$

c. Laje bi-engastada

$$M = \frac{q.L^2}{24} \qquad M' = \frac{q.L^2}{12}$$

$$R_a = \frac{q.L}{2} \qquad R_b = \frac{q.L}{2}$$

d. Laje simplesmente engastada

$$M' = \frac{q.L^2}{2}$$

$$R_a = q.L$$

3.2.2 Método de Marcus

3.2.2.1 Introdução

Para lajes armadas em duas direções, o processo de solução de Marcus se enquadra perfeitamente nas prescrições do item 3.3.2.1 da NBR 6118/82, onde as lajes poderão ser calculadas no regime elástico, "permitindo-se processos simplificados devidamente justificados".

O Método de Marcus está baseado na Teoria da Elasticidade e na Teoria das Grelhas, sendo desenvolvido a partir de ambas. A primeira permite resolver o problema de placas de forma precisa, desde que sejam aceitas as leis de Hooke e de Navier, tomadas como hipóteses. A segunda, como não poderia deixar de ser, é derivada da anterior, sendo a primeira aproximação a um processo mais simplificado e expedito voltado para a resolução de lajes armadas em duas direções.

Coube à Teoria de Marcus, também um processo simplificado, desenvolver e aprofundar a Teoria das Grelhas, de forma que pudesse ser levada em consideração a existência dos momentos torsores que ocorrem nas faixas adjacentes aos momentos máximos. Em face disto, a curvatura elástica sofre uma atenuação nas faixas centrais e, conseqüentemente, os momentos máximos centrais ficam reduzidos. Este trabalho desenvolvido por Marcus conduziu a resultados mais próximos da Teoria da Elasticidade.

3.2.2.2 Processo de Marcus

Para que se possa utilizar o processo de Marcus, pressupõe-se que as seguintes hipóteses sejam satisfeitas pela laje :

- a. espessura constante
- b. geometria retangular
- c. suportada continuamente ao longo de seus quatro bordos
- d. submetida por carga uniformemente distribuida por unidade de área.

Considerando-se todas as combinações possíveis de bordas apoiadas e engastadas, as lajes podem se apresentar segundo os seis casos apresentados na figura 3.4 .

O processo de Marcus, para o cálculo destas lajes, consiste essencialmente no que segue:

Considerando que a carga q , uniformemente distribuida, se divide em duas componentes segundo as duas direções, uma q_x e outra q_y , imaginam-se faixas ortogonais isoladas entrecruzando-se no centro da laje, sujeitas às cargas q_x e q_y respectivamente e igualam-se as flexas no centro. Desta igualdade resulta o valor de q_x ou de q_y .

No passo seguinte, considerando-se as faixas sempre independentes, levando-se em conta o tipo de vinculação existente em cada bordo, calculam-se os momentos centrais M_x' e

M_y' em cada faixa nas duas direções, e, caso existam, os momentos nos bordos X_x e X_y .

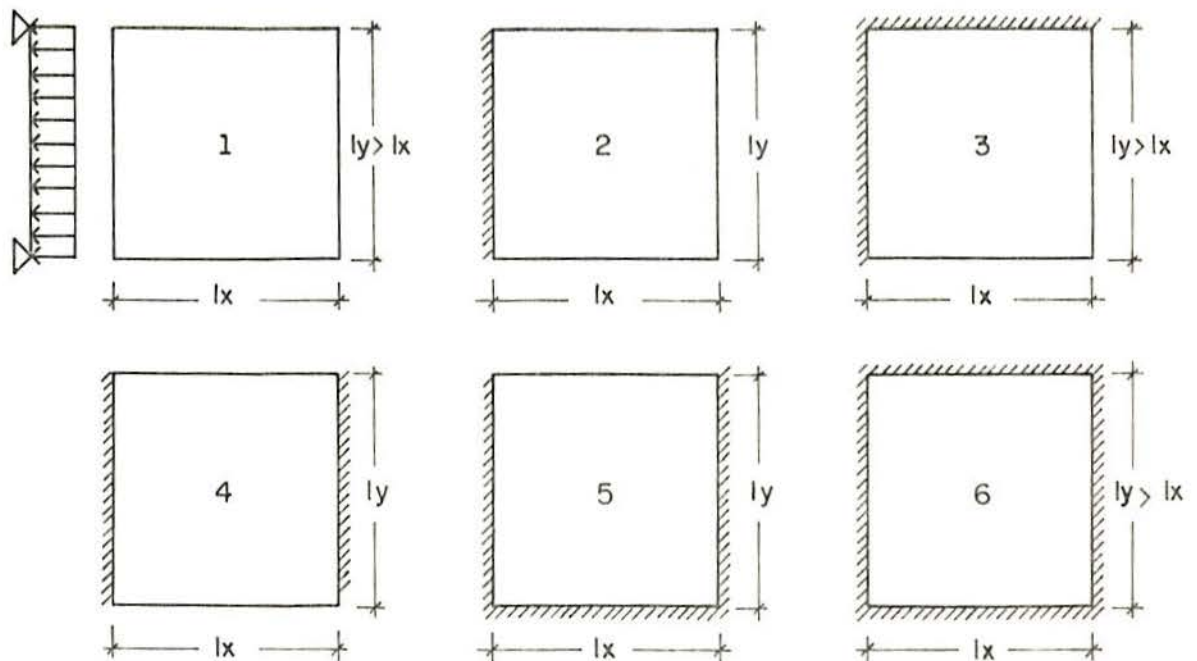


Figura 3.4 - Lajes abordadas pelo Método de Marcus
Tipos de vinculação

Ao final, levando-se em consideração a ação favorável dos momentos torsores, deve-se multiplicar estes momentos por certos coeficientes chamados de torsão (menores do que 1), resultando os momentos centrais finais M_x e M_y (menores que os anteriores, M_x' e M_y').

Relativamente ao formulário desenvolvido pela Teoria de Marcus, e que se encontra implantado no sistema da Análise Secundária, a terminologia é a descrita a seguir.

Sejam q_x e q_y as cargas repartidas de q ; l_x e l_y as dimensões da laje; D_x , D_y as flechas nos centros das faixas e α , β e γ os coeficientes utilizados para o cálculo dos momentos positivos e negativos em uma viga isolada, em função das condições de contorno. Todos estes parâmetros estão convenientemente indicados e definidos nas figuras 3.5 e 3.6.

Assim, temos :

pela repartição das cargas

$$q = q_x + q_y$$

as flechas D_x e D_y , nos centros dos respectivos vãos são

$$D_x = \frac{\alpha_x \cdot q_x \cdot L_x^4}{384 \cdot E \cdot J_x} \quad \text{e} \quad D_y = \frac{\alpha_y \cdot q_y \cdot L_y^4}{384 \cdot E \cdot J_y}$$

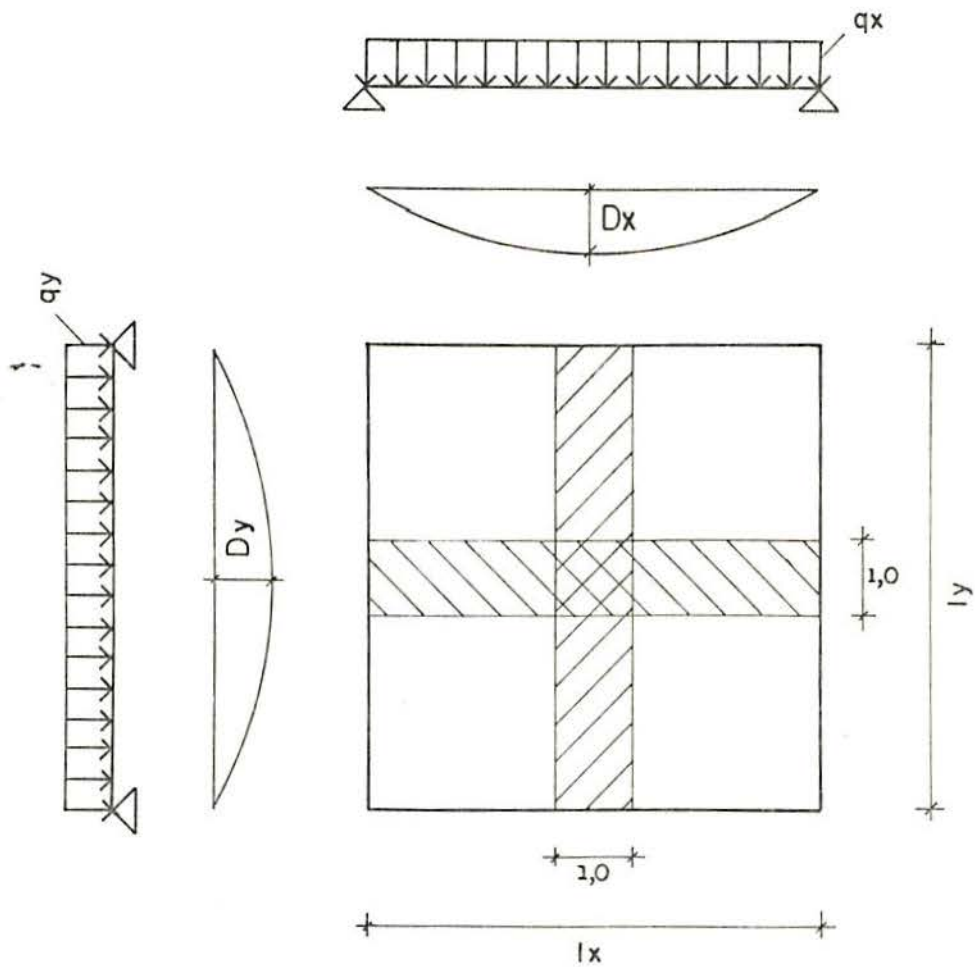


Figura 3.5 - Faixas centrais

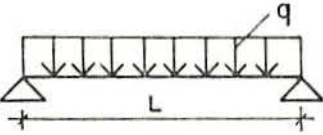
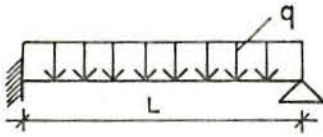
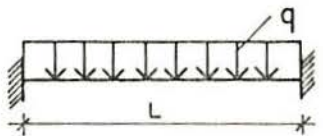
| TIPO DE VIGA | COEFICIENTES | | | EQUAÇÕES |
|---|--------------|-----------------|----------|--|
| | α | β | γ | |
|  | 5 | 8 | --- | $D = \frac{\alpha \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot J}$ |
|  | 2 | $\frac{128}{9}$ | 8 | $M' = + \frac{q \cdot L^2}{\beta}$ |
|  | 1 | 24 | 12 | $X = - \frac{q \cdot L}{\gamma}$ |

Figura 3.6 - Coeficientes α , β e γ para o cálculo da flecha máxima (D), momentos máximo positivo (M') e mínimo negativo (X) de viga de seção constante.

sendo que 'E' representa o módulo de elasticidade longitudinal do concreto e 'J' o momento de inércia na direção indicada. Como as duas faixas têm largura unitária, temos

$$J_x = J_y = \frac{h^3}{12}$$

e, por compatibilidade geométrica de deformações

$$D_x = D_y$$

portanto

$$\alpha_x \cdot q_x \cdot L_x^4 = \alpha_y \cdot q_y \cdot L_y^4$$

substituindo q_y por $(q - q_x)$ e tomando-se $e = L_y/L_x$, temos que

$$q_x = \left(\frac{\alpha_y \cdot e^4}{\alpha_x + \alpha_y \cdot e^4} \right) \cdot q$$

ou, simplificando,

$$q_x = k_x \cdot q$$

onde k_x depende da relação entre os lados e das condições de contorno, assim o momento fletor máximo na direção X será dado por

$$M_{x'} = \frac{q_x \cdot L_x^2}{\beta_x}$$

e o momento de engastamento, na mesma direção, caso exista, será

$$X_x = - \frac{q_x \cdot L_x^2}{\gamma_x} = - \frac{k_x \cdot q \cdot L_x^2}{\gamma_x} = - \frac{q \cdot L_x^2}{n_x}$$

onde $n_x = \gamma_x / k_x$.

Analogamente, para a direção Y, temos :

$$q_y = \left(\frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_y \cdot e^4} \right) \cdot q$$

ou

$$q_y = k_y \cdot q$$

assim, o momento máximo na direção Y será,

$$M_{y'} = \frac{q_y \cdot L_y^2}{\beta_y}$$

e o momento de engastamento, caso exista, será,

$$Xy = - \frac{q \cdot Lx^2}{nx}$$

onde $ny = Yy / (ky \cdot e^2)$

Finalmente, levando-se em conta a ocorrência de momentos torsores que surgem nas faixas laterais, perpendiculares à faixa central, tem-se que os momentos centrais finais tendem à um valor $M < M'$ em ambas as direções, assim, pode-se dizer que :

$$Mx = \theta_x \cdot Mx' \quad e \quad My = \theta_y \cdot My'$$

sendo θ_x e θ_y denominados de coeficientes de torção e menores que a unidade, definidos da seguinte forma :

$$\theta_x = 1 - \frac{20}{3} \frac{kx}{\beta_x \cdot e^2}$$

$$\theta_y = 1 - \frac{20}{3} \frac{ky \cdot e^2}{\beta_y}$$

portanto, ao final, os momentos máximos positivos serão dados por

$$Mx = \frac{q \cdot Lx^2}{mx} \quad \text{onde} \quad mx = \frac{\beta_x}{\theta_x \cdot kx}$$

e

$$My = \frac{q \cdot Ly^2}{my} \quad \text{onde} \quad my = \frac{\beta_y}{\theta_y \cdot ky \cdot e^2}$$

3.2.3 Método dos Elementos Finitos

3.2.3.1 Introdução

Também na análise elástica o sistema está dotado de um outro método de solução, bem mais poderoso que o Método de Marcus, que é o de Elementos Finitos. Este método foi implantado na Análise Secundária com o objetivo fundamental de dar ao sistema uma maior flexibilidade, visando-se futuros desenvolvimentos.

Atualmente, com o nível de implementação já obtido, o Método de Elementos Finitos pode conferir soluções para lajes retangulares ou em "ELE", sujeitas a carga uniformemente distribuídas, com qualquer tipo de vinculação em seus bordos (apoio, engaste ou livre). Além disso, devido a esta implantação ter sido proposta de forma inteiramente modular e aberta, já estão previstos outros tipos de soluções com este método. Por exemplo, para lajes com furo e lajes sujeitas a outros tipos de carregamento (pontual, linear e superficial parcial).

O tipo de elemento finito utilizado na implantação do método é compatível com a análise de placas em flexão. O elemento é retangular, não conforme, sendo conhecido na literatura por "R12". Seu plano de definição é XY e suas incognitas nodais são "W", "RU" e "RV", sendo que sua solução foi obtida a partir do modelo de deslocamentos. Tem como características principais, além de ser retangular, quatro nós colocados em seus vértices, sendo que sua implementação está baseada em uma variação do tipo polinômio incompleto de quarta ordem para deslocamento transversal "W", não existindo compatibilidade inter-elemento para as pendentes normais aos lados do elemento resultando ser do tipo não conforme (figura 3.7).

Qualquer laje a ser abordada pelo Método de Elementos Finitos, quer ela seja retangular ou em "ELE", pressupõe que esteja associada a uma malha de elementos finitos formada por 'n' elementos. A definição do tipo de malha a ser utilizada não cabe ao usuário, mas sim ao sistema, que já a tem

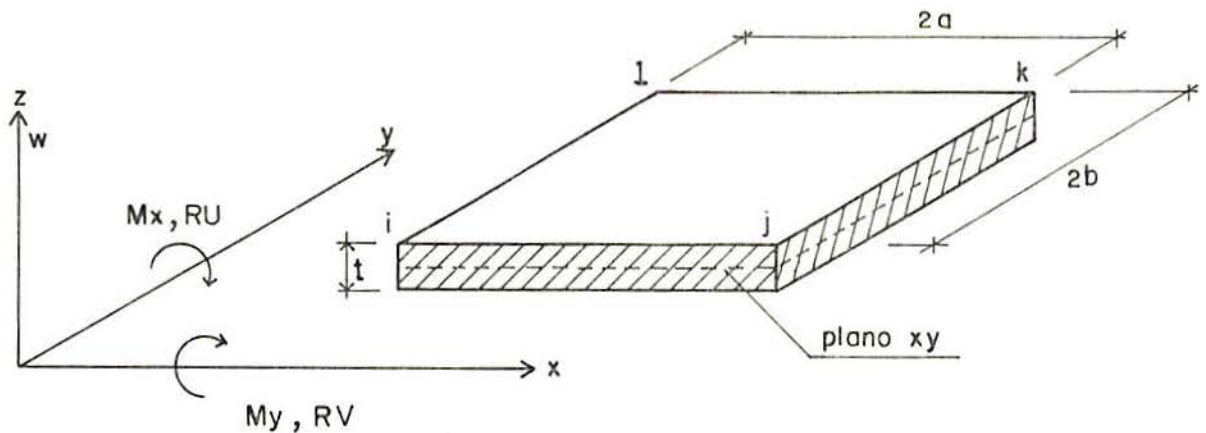


Figura 3.7 - Elemento retangular não conforme, tipo "R12", utilizado para análise de placas em flexão

previamente definida. Dentre as 'infinitas' malhas que poderiam resolver o problema, na Análise Secundária o objetivo era escolher uma que conjugasse precisão e tempo de processamento dentro de limites adequados ao problema. Desta forma, a partir de estudos comparativos feitos com vários tipos de malhas optou-se por uma malha de 8×8 elementos (gerando um máximo de 64 elementos no caso se uma laje retangular). Os parâmetros adotados para esta comparação foram o grau de precisão e o tempo de processamento. Os resultados obtidos com esta malha nunca excederam a 2.7% em relação à Teoria da Elasticidade, sendo sempre a favor da segurança.

Na figura 3.8 mostra-se um quadro comparativo da solução de duas lajes retangulares, simplesmente apoiadas em todo o seu contorno, utilizando-se malhas de elementos finitos de várias densidades. Assim, por esta análise, deduz-se que, com o acréscimo do número de elementos, aumenta o grau de precisão da solução, porém, também crescem o tempo de processamento e os custos finais.

| MALHA | Mx | Z | My | Z | seg |
|-------------------|--------|-------|---------|-------|--------|
| LAJE 4 x 3 | | | | | |
| exato | 198,60 | 00,0 | 306,60 | 00,0 | --- |
| 2x2 | 294,92 | +48,5 | 477,08 | +55,6 | 5,57 |
| 3x3 | 194,98 | -4,34 | 292,86 | -4,48 | 11,41 |
| 4x4 | 211,26 | +6,37 | 337,56 | +10,0 | 20,30 |
| 5x5 | 196,15 | -2,33 | 303,05 | -1,15 | 32,23 |
| 6x6 | 204,53 | +2,99 | 320,45 | +4,50 | 55,94 |
| 8x8 | 201,94 | +1,68 | 314,69 | +2,60 | 105,69 |
| 16x16 | 199,45 | +0,43 | 309,26 | +0,87 | 772,17 |
| LAJE 7 x 5 | | | | | |
| exato | 547,60 | 00,0 | 909,20 | 00,0 | --- |
| 2x2 | 797,93 | +45,7 | 1409,19 | +54,9 | 6,72 |
| 3x3 | 522,50 | -4,58 | 865,95 | -4,36 | 14,05 |
| 4x4 | 575,23 | +5,05 | 976,26 | +7,38 | 25,47 |
| 5x5 | 538,71 | -1,62 | 894,50 | -1,62 | 33,52 |
| 6x6 | 560,10 | +2,28 | 945,59 | +4,00 | 60,31 |
| 8x8 | 553,40 | +1,06 | 928,26 | +2,10 | 100,61 |
| 16x16 | 546,89 | -0,13 | 911,90 | +0,30 | 703,74 |

DADOS :

Laje Lx x Ly
(simpl. apoiada)E = 257000 kg/cm²q = 500 kg/m²

poisson = 0.2

RESULTADOS

Mom. fletores
expressos em kg.m

Figura 3.8 - Solução através do Método de Elementos Finitos utilizando-se malhas de várias densidades

3.2.3.2 Geração Automática dos Dados da Malha

3.2.3.2.1 Dados Iniciais

Toda a análise de uma laje através do Método de Elementos Finitos é controlada por uma rotina de nome MEF. Para que seja inicializado o processo, os dados iniciais requeridos pela rotina são :

- a. dimensões da laje
- b. tipo de laje (retangular ou em "ELE")
- c. vinculação dos bordos
- d. carregamento atuante, e
- e. característica dos materiais.

Como resultado são fornecidos os momentos fletores máximos positivos e, caso existam, os negativos, e as reações nos bordos. Caso o usuário necessite, existe a possibilidade de fornecer também a matriz de rigidez de cada elemento, os deslocamentos, esforços e tensões nodais.

O fluxograma básico deste encaminhamento está mostrado na figura 3.9 (no Apêndice B isto é visto em maior profundidade).

A abordagem das rotinas desenvolvidas e que compõem o processo de solução através do Método de Elementos Finitos, relativamente ao seu modo de funcionamento, será feita nos itens seguintes. Porém, o objetivo de cada uma destas rotinas está descrito abaixo :

- GECOR : geração automática das coordenadas dos nós da malha
- GECON : geração automática das conectividades dos elementos da malha
- RESNOD : definição das restrições nodais impostas
- ASSEM : montagem dos arranjos globais
- RICAR : geração da matriz de rigidez e do vetor de cargas nodais para cada elemento

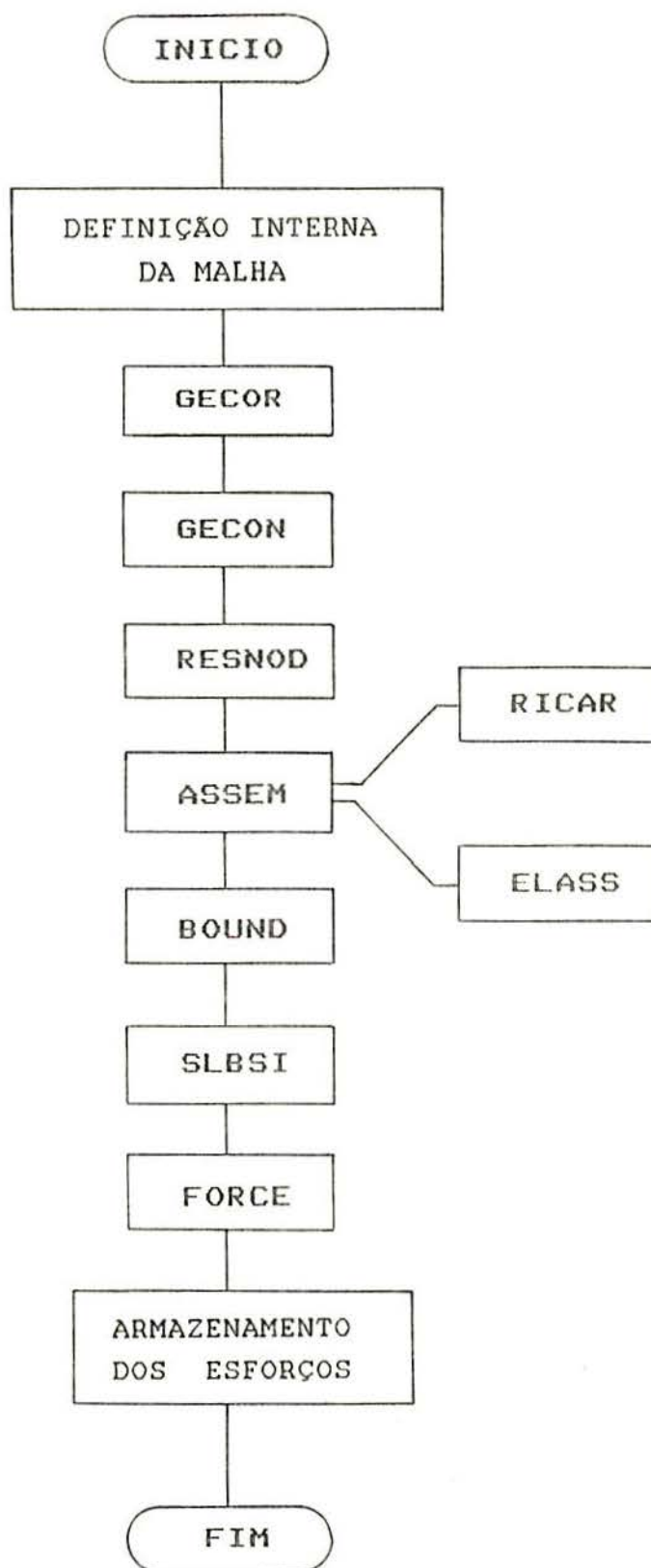


Figura 3.9 - Fluxograma: Método de Elementos Finitos (MEF)

ELASS : geração da matriz de rigidez e do vetor de cargas nodais globais da malha
 BOUND : introdução das condições de contorno
 SLBSI : solução do sistema de equações
 FORCE : cálculo dos esforços nodais.

No início deste processo, apesar da malha básica já ter sido definida (8x8 elementos), faz-se necessário definir o valor dos intervalos em ambas as direções. Como a solução foi proposta para duas formas de lajes, retangular ou em "ELE", temos na realidade cinco configurações distintas da geometria da laje que deverão ser abordadas (ver figura 3.10). Uma relativa à laje retangular e as demais à laje em "ELE", em função do posicionamento de seu vértice reentrante.

No caso da laje retangular (fig. 3.10a), os intervalos da malha estão fixados em 1/8 da cada vão, em ambas as direções. Nos demais casos, laje em "ELE" (fig. 3.10b,c,d,e), isto sómente irá correr quando os dois bordos reentrantes forem coincidentes com a linha média da laje nas duas direções, o que não é o caso geral. Portanto, para cada direção é utilizado o seguinte processo :

- a. define-se a dimensão do intervalo, como se todos fossem iguais (1/8 do vão)
- b. define-se qual o número de intervalos que caberá entre um dos bordos extremos e o bordo reentrante (perpendicular à direção considerada)
- c. caso este número seja inteiro, o número de intervalos do outro bordo extremo ao bordo reentrante será o que falta para completar os oito intervalos requeridos.
- d. caso este número seja fracionário, ele deverá ser arredondado ao inteiro mais próximo e seguir igual procedimento de 'c'.

A figura 3.11 ilustra estes procedimentos para ambos os tipos de lajes.

A definição destas configurações (mostradas na figura 3.10) é de muita utilidade interna ao sistema, principalmente na geração automática das coordenadas, conectividades e

restrições nodais, diminuindo consideravelmente o tempo de processamento.

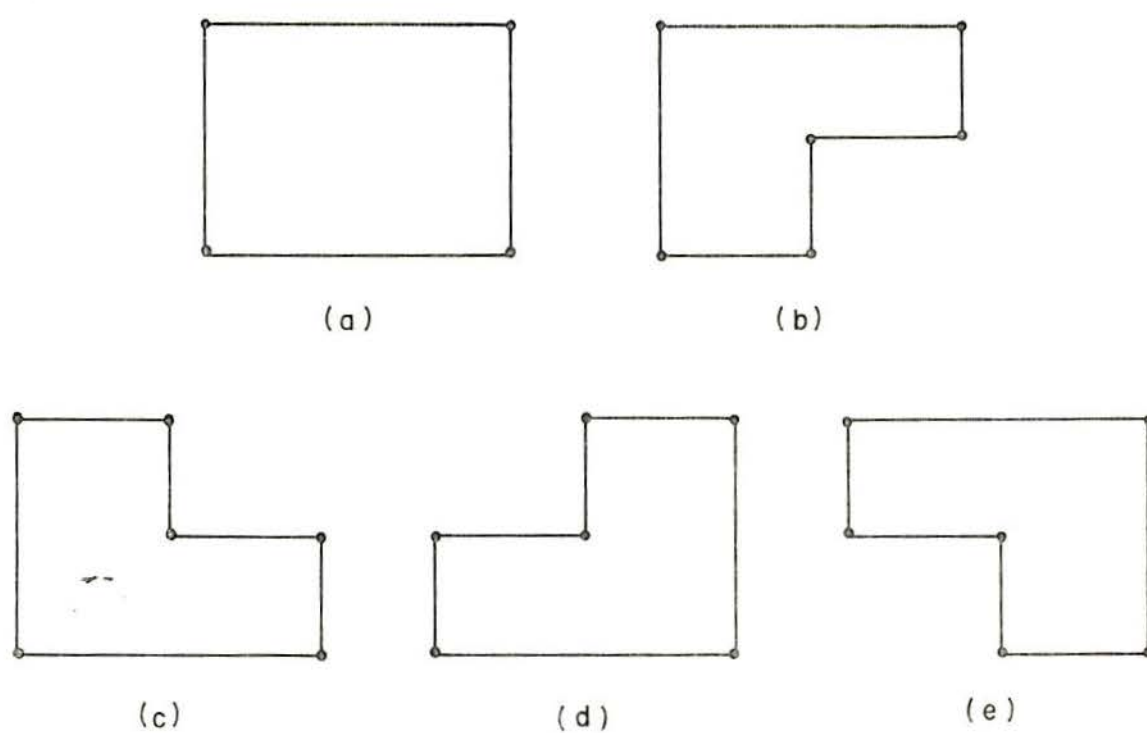
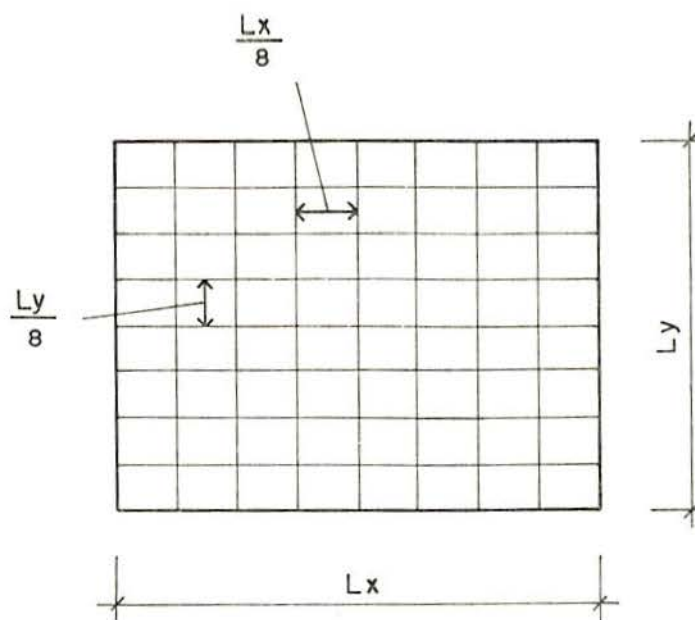
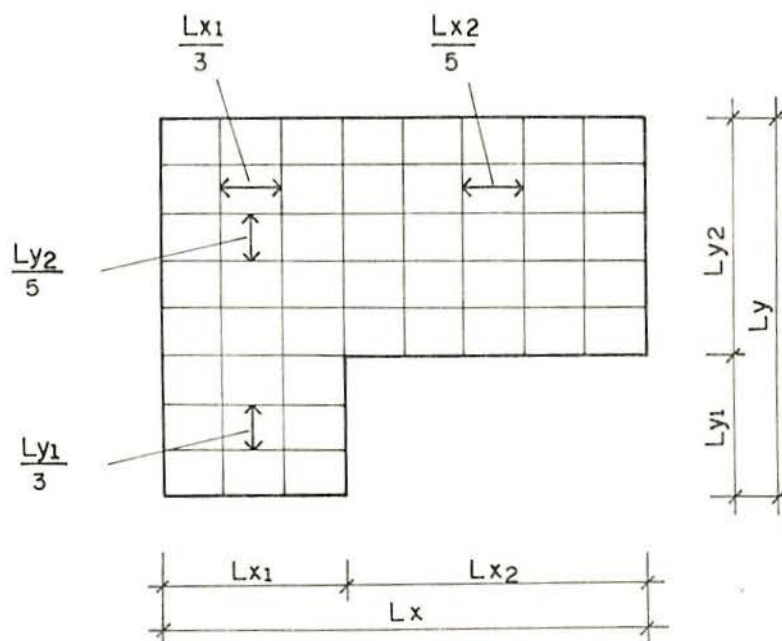


Figura 3.10 - Laje retangular e em "ELE"
Configurações



(a) LAJE RETANGULAR



(b) LAJE EM 'ELE'

Figura 3.11 - Intervalos da malha de elementos finitos

3.2.3.2.2 Geração das Coordenadas

Estando definida a malha de elementos finitos, pode-se partir para a obtenção de todas as coordenadas nodais X e Y. O algoritmo desenvolvido está baseado no seguinte esquema: admite-se que no caso mais geral, laje em "ELE", a configuração da laje possa ser representada por quatro quadrantes, separados em duas faixas horizontais. Definidas estas faixas, elas retratarão fielmente a configuração das lajes mostradas na figura 3.10. A figura 3.12 define estas faixas horizontais para cada caso.

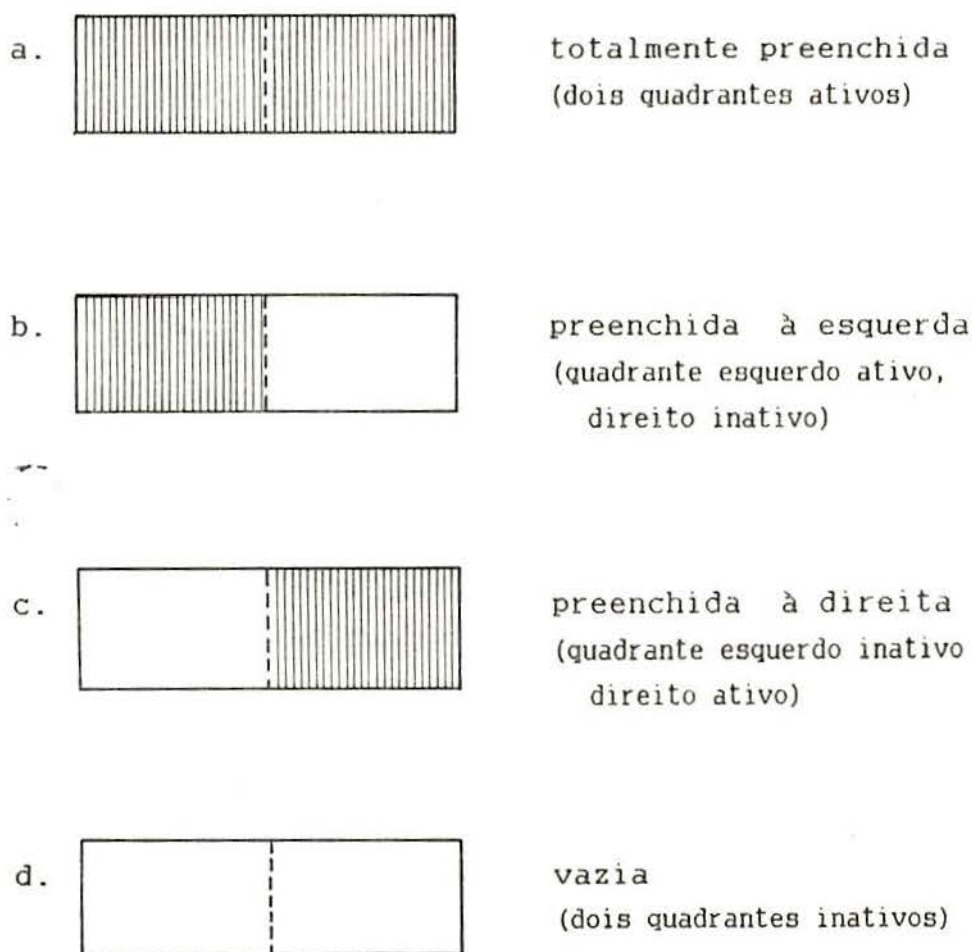


Figura 3.12 - Faixas horizontais

A figura seguinte, 3.13, exemplifica como uma configuração da laje em "ELE" pode ser representada por estas faixas.

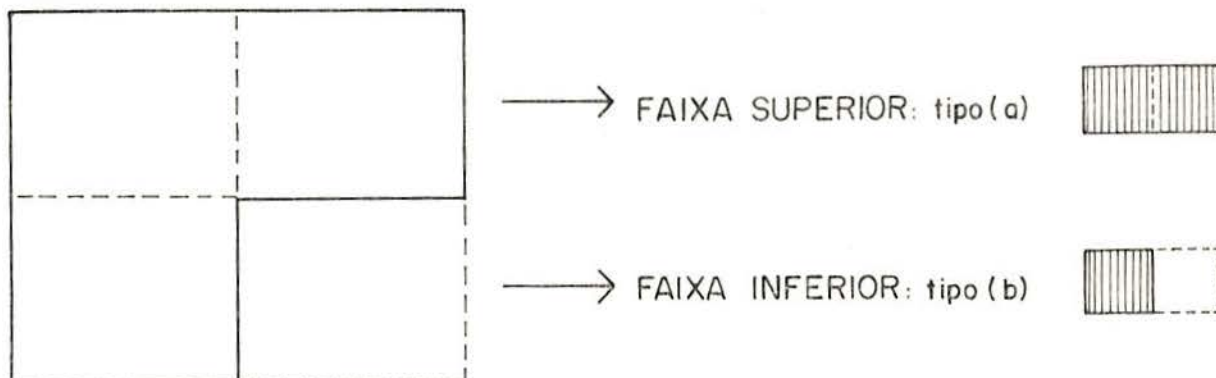


Figura 3.13 - Representação da configuração da laje em "ELE" por faixas horizontais

Para as demais configurações possíveis da laje em "ELE", o procedimento é análogo.

No caso particular da laje retangular, esta é associada também a duas faixas horizontais, conforme indicado na figura 3.14 .

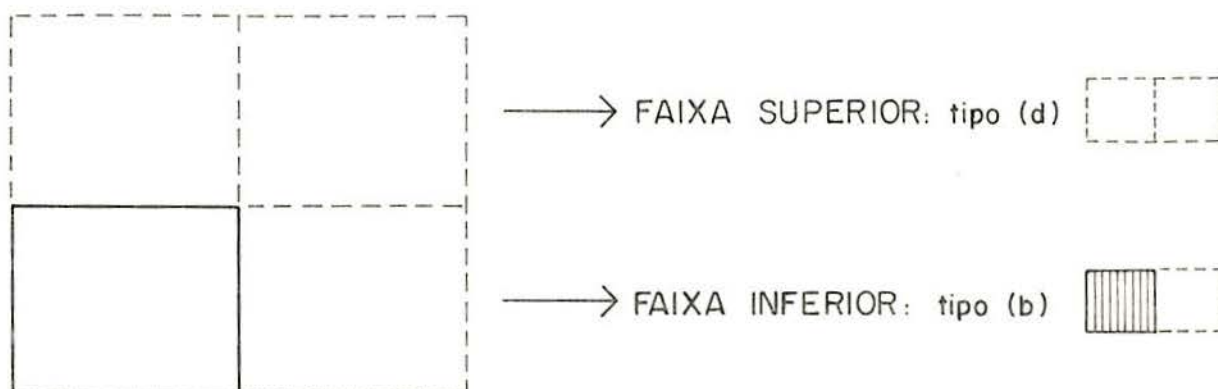


Figura 3.14 - Representação da configuração da laje retangular por faixas horizontais

Feito isto, as coordenadas nodais são obtidas a partir da configuração destas faixas, que compõem a laje. Assim, as coordenadas são geradas começando-se pelo nó inferior mais à esquerda da malha, da esquerda para a direita e de baixo para cima, visando-se diminuir, com isto, a semi-largura de banda da matriz de rigidez global malha. A figura 3.16 ilustra como fica gerada internamente a numeração dos nós para uma laje retangular e uma das configurações da laje em "ELE".

A geração automática das coordenadas, como o nome já diz, é feita pela rotina GECOR, que, além de fornecer o número de nós da malha (NN), calcula também o número total de graus de liberdade da malha (NGL).

3.2.3.2.3 Geração das Conetividades

Definida a malha de elementos finitos, a geração das conetividades consiste em definir, para cada elemento que a compõe, quais os nós que concorrem em seus vértices, tomados segundo a orientação anti-horária, conforme mostra a figura 3.15. A numeração interna dos elementos ocorre da esquerda para a direita e de baixo para cima.

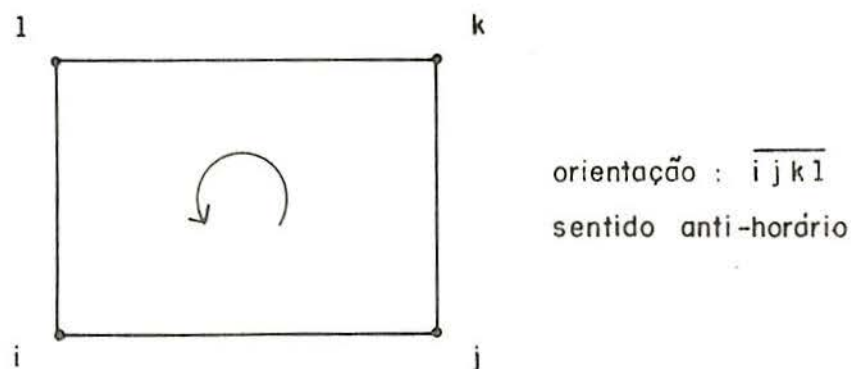
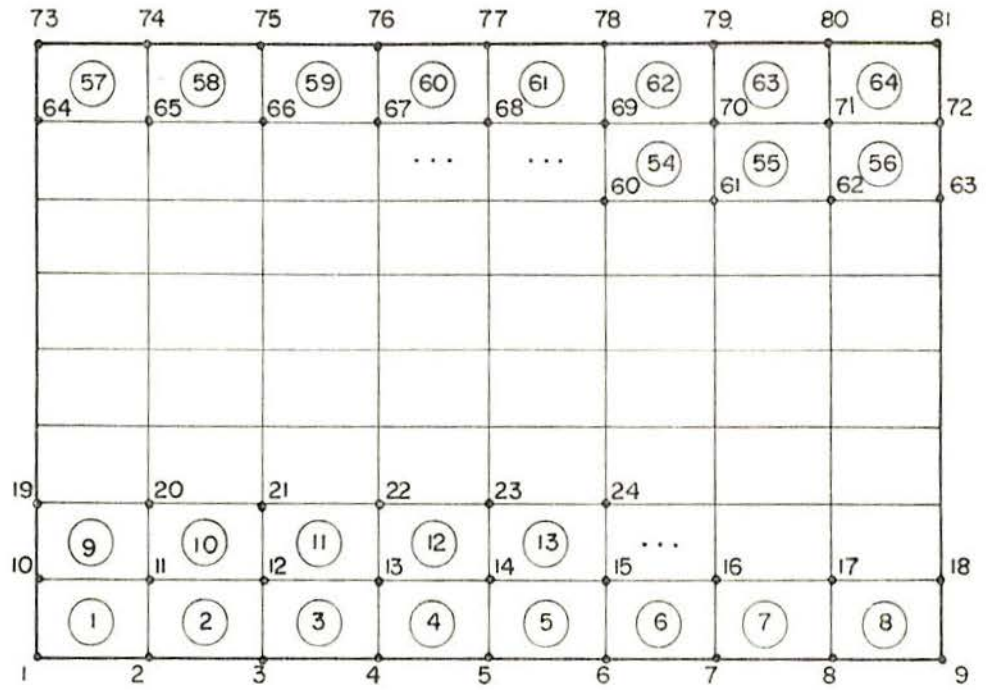
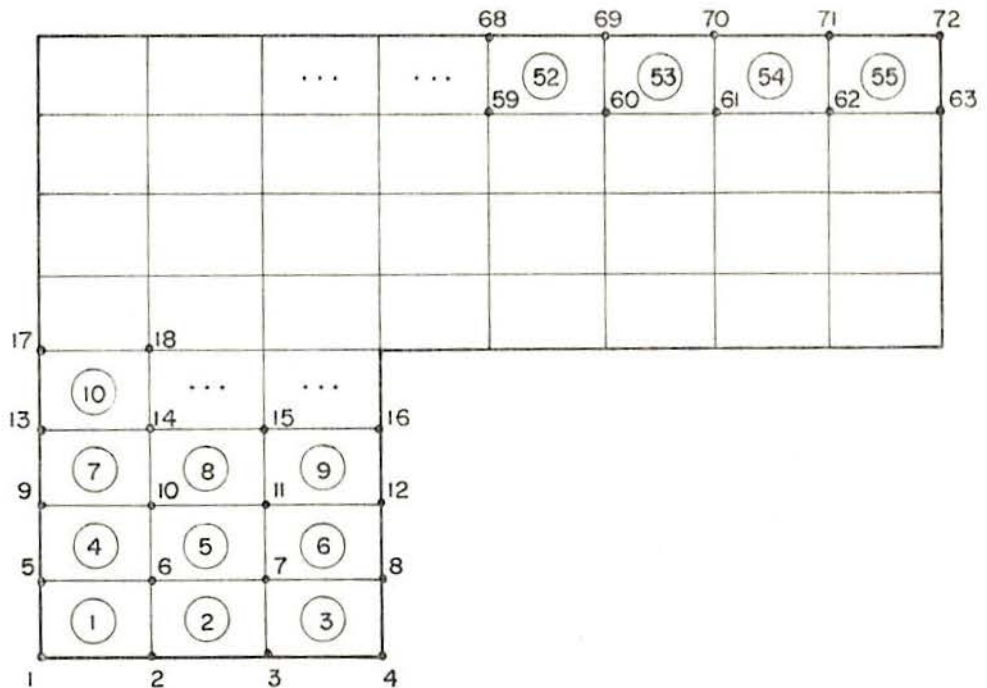


Figura 3.15 - Conetividade do elemento de palca

Este processo é executado pela rotina GECON, que fornece também, internamente ao sistema, o número total de elementos da malha (NE).



(a) laje retangular



(b) laje em "ELE"

Figura 3.16 - Numeração dos nós e elementos da malha

3.2.3.2.4 Geração das Restrições Nodais

Nesta etapa o objetivo é formar um arranjo que contenha as restrições nodais de todos os nós de contorno a partir dos dados relativos à vinculação dos bordos da laje, fornecidos pelo usuário. Isto porque até o momento não estão implantadas soluções que admitam impor restrições aos nós internos da malha.

Na análise de lajes em flexão, em função do tipo de elemento implantado (neste caso o R12), cada nó apresenta três graus de liberdade. Assim, o vetor de deslocamentos nodais se apresenta conforme está indicado na figura 3.17.

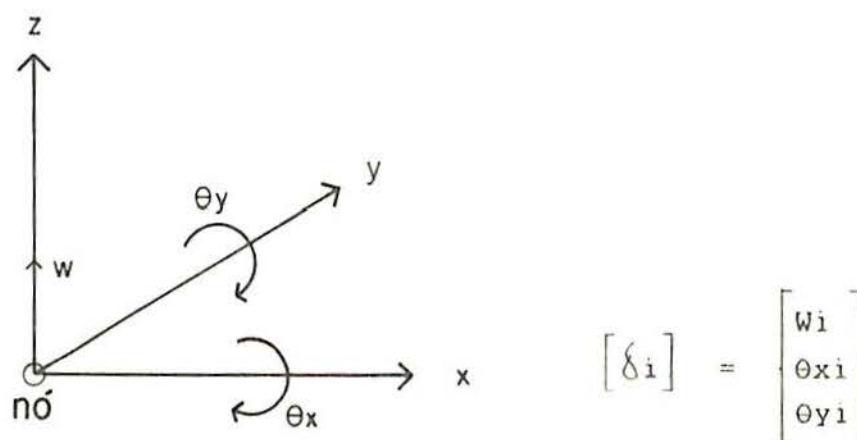


Figura 3.17 - Deslocamentos nodais

Assim, através da rotina RESNOD, ficam definidas as restrições nodais dos nós de fronteira da placa e o número total destes nós (NBN).

3.2.3.3 Otimização do Processo de Solução

Pode-se orientar melhor o processo de solução através de uma racionalização de seu encaminhamento, principalmente no que se refere ao cálculo da matriz de rigidez e vetor de cargas nodais de cada elemento da malha.

Com a malha de elementos já definida, a partir das possíveis configurações que a laje pode assumir, nota-se que temos dois casos a abordar:

- a. laje retangular (sómente uma configuração possível)
 - todos os elementos tem igual geometria;
- b. laje em "ELE" (quatro configurações possíveis)
 - pode-se ter, no máximo, três tipos de elementos com geometria distintas;

isto pode ser constatado confrontando-se a figura 3.11 com a figura 3.18.

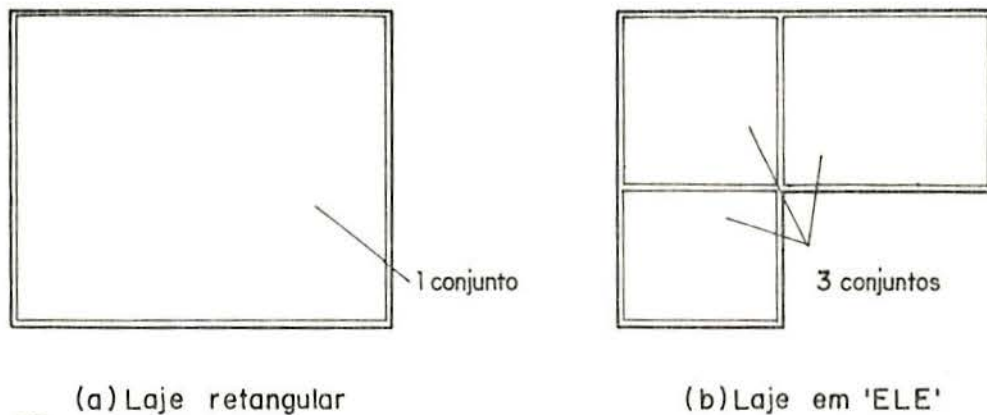


Figura 3.18 - Geometria dos Elementos Finitos

Assim, a racionalização proposta consiste em, para cada distinta configuração, formar conjuntos de elementos com idêntica geometria, sendo que cada conjunto destes teria um elemento característico para o qual seriam calculados e armazenados tanto a matriz de rigidez como o vetor de cargas nodais. Desta maneira evita-se que se proceda a um cálculo repetitivo, oneroso e improdutivo.

Exemplificando, para o caso da laje retangular, temos um conjunto de 64 elementos representados por um único elemento e, no caso da laje em "ELE", temos três conjuntos com um número variável de elementos cada um, representados por três distintos elementos característicos, respectivamente.

Estes conjuntos de elementos estão representados pelo arranjo 'Bloco', definido no Apêndice C .

3.2.3.4 Processo de Solução

3.2.3.4.1 Cálculo da Matriz de Rigidez e do Vetor de Cargas para cada Elemento

A rotina ASSEM controla o cálculo da matriz de rigidez e do vetor de cargas nodais para um elemento, realizado pela rotina RICAR, e a montagem da matriz de rigidez e vetor de cargas nodais globais, executada pela rotina ELASS. Ainda na rotina ASSEM é feito o cálculo da semi-largura de banda, que definirá o número de colunas da matriz de rigidez global (MS).

Em função do que foi visto no item anterior, a rotina RICAR será chamada para cada elemento característico de cada conjunto de elementos, sendo que a matriz de rigidez e o vetor de cargas serão devidamente armazenados para servirem aos demais elementos do mesmo conjunto.

A matriz de rigidez de um elemento tem dimensões 12×12 , pois, tendo cada elemento 4 nós e cada nó 3 graus de liberdade, o elemento terá 12 graus de liberdade no total.

O vetor de cargas a ser calculado para cada elemento característico, está descrito na figura 3.19 a partir da convenção positiva de eixos, já definida, e dimensões do elemento mostradas na figura 3.7. O sentido admitido para a conectividade está indicado figura 3.13.

Caso, nesta altura do programa, o usuário queira imprimir a matriz de rigidez e o vetor de cargas nodais de cada elemento característico da malha, basta que informe ao sistema esta opção ao escrever o programa de entrada de dados na linguagem orientada (ver [5]).

$$\begin{bmatrix} F_i \\ F_j \\ F_k \\ F_l \end{bmatrix} = 4 \cdot q \cdot a \cdot b \begin{bmatrix} 1/4 \\ b/12 \\ -a/12 \\ 1/4 \\ b/12 \\ a/12 \\ 1/4 \\ -b/12 \\ a/12 \\ 1/4 \\ -b/12 \\ -a/12 \end{bmatrix} \quad \text{onde } F_i = \begin{bmatrix} F_{wi} \\ F_{exi} \\ F_{oyi} \end{bmatrix}$$

Figura 3.19 - Vetor de cargas nodais do elemento
(q = carga uniformemente distribuida)

3.2.3.4.2 Obtenção da Matriz de Rigidez e do Vetor de Cargas Globais para a Malha

Estas matrizes globais, relativas a toda malha de elementos finitos, são obtidos pela rotina ELASS, através de chamada interna da rotina ASSEM.

Conforme visto no item anterior, a partir do momento que se tem a matriz de rigidez e o vetor de cargas nodais, para cada elemento característico de cada conjunto de elementos, pode-se chamar a rotina ELASS e armazenar as matrizes individuais do elemento nas suas correspondentes posições nas matrizes globais, em função do número dos nós que formam cada elemento.

A matriz de rigidez global é formada sob a forma banda simétrica, o que facilita sobremaneira o processo de solução. Suas dimensões são [NGL x MS], onde NGL é o Número de Graus de Liberdade total da malha e MS é a semi-largura de banda.

A matriz de cargas nodais global, como já foi dito antes, é um vetor, com NGL posições.

3.2.3.4.3 Aplicação das Condições de Contorno

Antes de iniciar a solução do sistema de equações, que será visto no item seguinte, resta impor às matrizes globais todas as condições de contorno da laje. Em primeiro lugar, estas condições foram informadas pelo usuário através da vinculação de cada bordo da laje. Mais adiante, já com a definição da malha de elementos finitos, o próprio sistema impõe estas mesmas condições de contorno aos nós coincidentes com cada bordo. Assim, cada um destes nós terá seus deslocamentos restringidos compativelmente com a vinculação do bordo. Os deslocamentos nodais possíveis estão representados na figura 3.17.

Este procedimento é executado pela rotina BOUND.

3.2.3.4.4 Solução do Sistema

A solução do sistema de equações, que representa toda a malha de elementos finitos, já considerando as suas condições de contorno, é obtida através do método de eliminação de Gauss, para uma matriz de forma banda simétrica. Esta solução é obtida pela rotina SLBSI.

3.2.3.4.5 Cálculo dos Esforços

Os esforços finais obtidos nos nós de cada elemento são calculados pela rotina FORCE. Por "default" o sistema fornecerá, automaticamente ao usuário, os momentos fletores máximos na placa e as reações distribuídas ao longo de cada bordo.

Caso o usuário necessite, existe ainda a possibilidade de serem fornecidos os seguintes resultados, além dos anteriores, e que são gerados internamente ao longo do processo de solução:

- a. deslocamentos nodais
 W , θ_x , θ_y (obtidos em SLBSI)
- b. reações e cargas nodais
 R_w , R_{θ_x} , R_{θ_y} (obtidos em FORCE)
- c. esforços e tensões nos elementos
 M_x , M_y , M_{xy} , Q_x , Q_y (obtidos em FORCE)

além da indicação do(s) nó(s) onde ocorrem os momentos máximos M_x e M_y .

Ao final deste item, pode-se observar que em toda esta explanação relativa à solução de uma laje pelo Método de Elementos Finitos, primou-se por enumerar os passos seguidos e a forma do procedimento adotado em detrimento de um aprofundamento maior relativo à parte teórica do processo. Explica-se este fato por ser o Método de Elementos Finitos hoje largamente utilizado e amplamente difundido na literatura, citando-se como referências básicas utilizadas neste trabalho, sobre este assunto, Brebbia [3] e Zienkiewicz [30].

3.2.4 Cálculo das Reações

Para o caso das lajes retangulares, abordadas pelo processo elástico utilizando-se o Método de Marcus, as reações serão calculadas segundo a orientação indicada pela NBR 6118/82 para lajes sujeitas à cargas uniformemente distribuídas.

O processo de obtenção destas reações é análogo ao desenvolvido por [9] quando da implantação da primeira etapa do PROADE, onde está descrito em maior profundidade. Este processo baseia-se em que toda a laje carregada, com carga uniformemente distribuída, deverá descarregar suas reações nos apoios de seu contorno. De modo que estas reações sejam proporcionais às áreas de influência obtidas a partir de triângulos ou trapézios formados de retas inclinadas traçadas sobre a planta da laje a partir de seus vértices. Os ângulos formados entre estas retas e os bordos da laje dependem da vinculação dos mesmos, como mostra a figura 3.20. No caso geral de uma

laje apoiada em seus quatro bordos, as reações se distribuem sobre os apoios conforme indicado na figura 3.21.

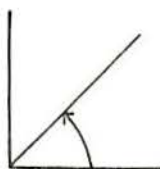
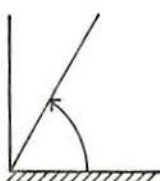

- a.  45° : para apoios do mesmo tipo
- b.  60° : a partir do apoio engastado quando outro for simplesmente apoiado
- c.  90° : a partir do apoio quando a borda coincidente for livre

Figura 3.20 - Ângulos para definição das Áreas de influência (reações em lajes)

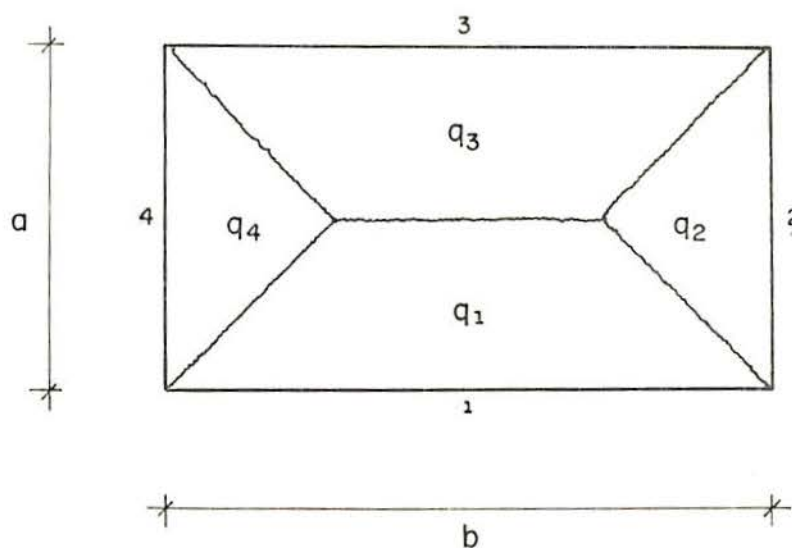


Figura 3.21 - Reações em lajes retangulares

A definição da taxa de reação sobre cada apoio (unidade de carga por unidade de comprimento) é obtida pelo quociente entre a carga total ensejada por cada área de influência, triangular ou trapezoidal, e o comprimento do bordo correspondente. Desta forma, admite-se que esta distribuição ocorre de maneira uniforme, conforme comumente é feito pelo projetista. Dentro do sistema da Análise Secundária, todo este procedimento é feito pela rotina REACA0.

3.3 Análise Rígido - Plástica

3.3.1 Método das Linhas de Ruptura

3.3.1.1 Introdução

A Teoria das Linhas de Ruptura, ou também como é conhecida, a Teoria das "Charneiras Plásticas", desenvolvida por K. W. Johansen [15], é atualmente um processo de análise de placas de concreto armado altamente difundido na literatura e de muita utilização pelos projetistas.

Na Análise Secundária do PROADE, este método é executado pela rotina ROTURA. Nesta primeira etapa implantou-se a solução para o caso de lajes retangulares, apoiadas continuamente ao longo de seus quatro bordos e sujeitas a um carregamento uniformemente distribuído ao longo de toda a sua superfície. Para outros tipos de soluções, casos de lajes em "ELE" ou com outros tipos de carregamentos e vinculações, já estão previstas, na própria rotina, suas implementações numa próxima etapa de desenvolvimento do sistema.

3.3.1.2 Hipóteses

As hipóteses em que se baseia a Teoria das Linhas de Ruptura podem ser expressas, de forma resumida, do seguinte modo:

- a. sob a carga de ruptura a laje apresenta uma configuração de linhas de ruptura ao longo das quais a armadura atinge a tensão de escoamento (caso de lajes sub-armadas);
- b. desprezam-se as deformações elásticas em presença das devidas às rotações de carácter plástico, o que implica admitirem-se linhas de ruptura formadas por segmentos retilíneos dividindo a laje em regiões planas limitadas por contornos poligonais (ver figura 3.20);
- c. admite-se que as seções da laje ao longo das linhas de ruptura, além de desenvolverem os correspondentes momentos flectores de ruptura, são capazes de absorver as forças cortantes e os momentos volventes exigidos pelas condições de equilíbrio;
- d. no estado de ruptura, a laje transforma-se em cadeia cinemática compatível com as condições de contorno, com um grau de liberdade, constituída pelos elementos poligonais, vinculados entre si por "charneiras plásticas" ao longo das linhas de ruptura;
- e. de todas as configurações de linhas de ruptura capazes de atender às condições anteriores, a que define a carga de ruptura é aquela que, de acordo com as condições de equilíbrio, corresponde à menor carga ou, então, para a mesma carga, exige maior momento de ruptura (teorema do limite);
- f. a carga admissível obtem-se dividindo a carga de ruptura pelo coeficiente de segurança, previsto contra a fissuração exagerada e contra a ruptura.

3.3.1.3 Processo de Solução

Definidas as hipóteses básicas para o desenvolvimento do processo, o problema consiste em, dada uma configuração de ruptura, por exemplo, como a indicada na figura 3.20, achar a geometria exata nesta configuração que produza o máximo

valor do momento de ruptura.

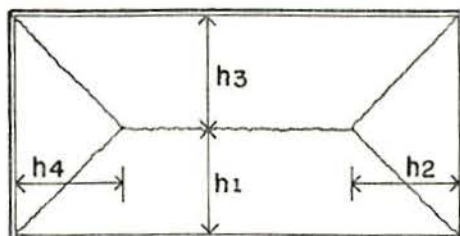


Figura 3.22 - Configuração de ruptura de uma placa (charneiras plásticas)

Assim, para cada configuração de ruptura definida, os momentos nas charneiras podem ser determinados por processos tradicionais da análise estrutural, tais como: o Método dos Trabalhos Virtuais e o Método de Equilíbrio.

A partir destas considerações é que Johansen desenvolveu toda a sua teoria, podendo-se chegar à soluções tanto para lajes isótropas (com momentos de ruptura iguais nas duas direções ortogonais), como para lajes ortótropas (com momentos diferentes em ambas as direções ortogonais). Na prática, o problema que nos é apresentado é relativo à solução de laje ortótropa. A solução proposta por Johansen é obtida através de uma laje isótropa "afim" à ortótropa, cujo momento de ruptura em uma direção é obtido através da solução da laje isótropa e, na outra, através do produto deste pelo coeficiente de ortotropia. Este coeficiente, gerado pelo próprio método, deve aproximar-se o máximo possível da relação existente entre os momentos obtidos pelo processo elástico para a mesma laje.

Desta forma, a linha central de resolução do problema consiste em transformar uma laje ortótropa engastada, caso mais geral, em uma laje isótropa engastada e esta, por fim, numa laje isótropa simplesmente apoiada, onde todos os momentos finais são relacionados com o momento de ruptura, assim como as reações sobre os apoios.

Utilizando-se as notações definidas na figura

3.23 pode-se transcrever as seguintes expressões obtidas por Johansen para a solução do problema :

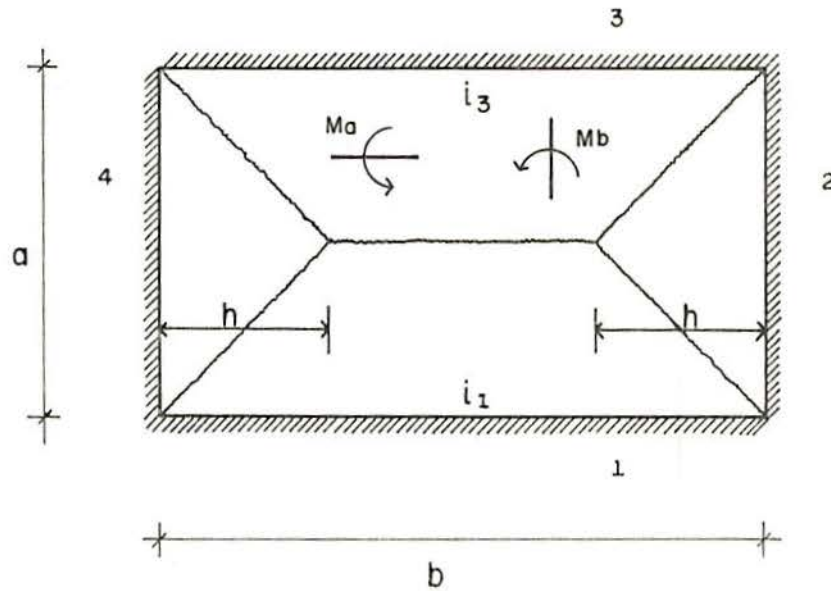


Figura 3.23 - Laje ortótropa, notações
(i : índices de engastamento)

o momento segundo a direção b é dado por

$$M_b = \frac{q \cdot a r^2}{8 \left[1 + \left(\frac{a r}{b r} \right)^2 + \left(\frac{b r}{a r} \right)^2 \right]}$$

onde $a r$ e $b r$, chamados de vãos reduzidos, são dados por

$$a r = \frac{2 \cdot a}{\sqrt{1 + i_2} + \sqrt{1 + i_4}}$$

e

$$b r = \frac{2 \cdot b}{\sqrt{1 + i_1} + \sqrt{1 + i_3}}$$

note-se que, para o caso de $i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = 0$, temos que $ar = a$ e $br = b$, e o momento segundo a direção a é dado por

$$M_a = \mu \cdot M_b$$

onde μ é o coeficiente de ortotropia, expresso por

$$\mu = \left(\frac{br}{ar} \right)^2$$

e as reações sobre cada bordo são

$$R_1 = \frac{q \cdot ar}{2} \cdot \left(1 - \frac{h}{br} \right) \cdot \sqrt{1 + i_1}$$

$$R_2 = \frac{q \cdot h}{2} \cdot \sqrt{1 + i_2}$$

$$R_3 = \frac{q \cdot ar}{2} \cdot \left(1 - \frac{h}{br} \right) \cdot \sqrt{1 + i_3}$$

$$R_4 = \frac{q \cdot h}{2} \cdot \sqrt{1 + i_4}$$

onde

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_b}{q}} \quad ;$$

Caso a relação

$$0,5 \leq \frac{ar}{br} \leq 2,0$$

não seja satisfeita, a laje em questão deverá ser calculada como armada em uma só direção, de acordo com o que já foi descrito no item 3.2.1 .

Sobre os bordos engastados, caso existam, os momentos de engastamento são expressos por :

$$M_1 = - i_1.M_a$$

$$M_2 = - i_2.M_b$$

$$M_3 = - i_3.M_a$$

$$M_4 = - i_4.M_b$$

onde 'i' é o índice de engastamento daquele bordo. Segundo Johansen, convém utilizarmos $0,7 \leq i \leq 2,0$, sendo geralmente tomado $i = 1$, como o definido neste desenvolvimento. Isto ocorre para que, não se adotando valores menores do que 0,7, se obtenha suficiente segurança quanto à fissuração.

4. ANÁLISE DOS ELEMENTOS LINEARES (VIGAS)

4.1 Descrição

A análise dos elementos lineares é feita de maneira um pouco diversa da que foi encaminhada para a solução dos elementos laminares. Enquanto no caso das lajes a análise era feita sempre para um elemento isolado, aqui podemos ter o caso de um elemento isolado, viga isolada, ou o caso de um conjunto de elementos formando uma viga contínua. Este segundo caso pode-se dizer que é o mais geral, pois, após os cálculos dos esforços hiperestáticos de uma viga contínua, passa-se a analisar individualmente cada uma das vigas que a compõem.

Desta feita, a orientação lógica para a análise de vigas é executada pela própria rotina principal do sistema, ANASEC. Esta orientação, conforme já foi visto no item 2.1, é forjada pela rotina utilitária ARVORE que, para cada pavimento-tipo, define a ordenação para o cálculo das vigas, terciárias e secundárias, em função do sistema de apoio de cada uma. Relativamente às vigas primárias, estas não entram neste processo pois pertencem aos pórticos planos, sendo analisadas pela Análise Primária, desenvolvida por Ellwanger [9].

Assim são calculadas primeiramente todas as vigas terciárias e depois todas as secundárias, sendo que, em cada caso são analisadas, também, as vigas contínuas que deles façam parte. Um aspecto importante a salientar é quanto à formação do carregamento de cada viga. Além do que já foi refe-

rido no item 2.3.3, relativamente às cargas permanentes e extras, também são levadas em consideração, para cada estado de carga, as cargas oriundas das reações das lajes já analisadas. Estas reações são incorporadas ao carregamento de cada viga a partir de dados fornecidos por outra rotina utilitária, de nome LAJVIG, que, conforme já mencionado anteriormente no item 2.1, fornece quais as vigas em que as reações de cada laje são descarregadas.

A partir desta descrição, pode-se avaliar, quanto ao aspecto global, de que forma está implementada a análise de vigas na Análise Secundária do Sistema PROADE.

Na figura 4.1 mostra-se, através de um fluxograma, e de forma simplificada, o que foi descrito até aqui.

Pelo fluxograma vê-se claramente que este processo se desenvolve em duas etapas distintas. Na primeira fase são analisadas todas as vigas terciárias e todas as vigas contínuas formadas exclusivamente por vigas terciárias. Isto é, resolvem-se as vigas que não servem de apoio a nenhuma outra. Na fase seguinte, são resolvidas as vigas secundárias e as vigas contínuas por elas formadas. Em todos estes casos, após o cálculo dos esforços hiperestáticos, cada viga é analisada e tem seus esforços estáticos obtidos.

4.2 Vigas Isoladas

4.2.1 Considerações

Vigas isoladas, como o próprio nome já define, são aquelas vigas constituídas por um único vão, podendo ser vigas terciárias ou secundárias, conforme já visto no Capítulo 2.

As vigas isoladas são analisadas, principalmente, em função da sua vinculação, podendo ser classificadas em quatro tipos distintos, quais sejam:

- a. viga em balanço
- b. viga simplesmente engastada
- c. viga duplamente engastada
- d. viga simplesmente apoiada

Cada caso é analisado separadamente e de acordo com as suas particularidades. No caso 'a' acima, vigas em balanço, em primeira instância é calculado o momento no engaste pela rotina VICBAL e somente depois são calculados os esforços estáticos nas seções indicadas pelo usuário ou assumidas pelo sistema. Nos casos 'b' e 'c', com um ou dois graus de hiperestaticidade, respectivamente, primeiramente são calculados os esforços hiperestáticos e somente após os esforços estáticos. No último caso, 'd', os esforços estáticos são obtidos diretamente nas seções requeridas.

As rotinas que geram, para cada viga isolada, os esforços hiperestáticos e estáticos, têm o nome de HIPER e STATIC, respectivamente e serão abordadas em mais detalhes nos itens seguintes.

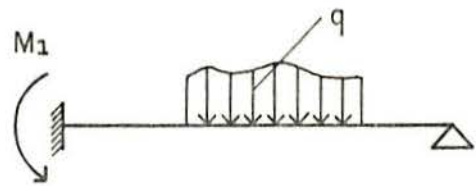
Relativamente aos tipos de carregamentos incidentes sobre estas vigas, em cada uma das rotinas de análise e obtenção dos esforços são considerados os tipos de carregamentos já definidos no item 2.3.3.2, podendo ser compostos de cargas concentradas, uniformes, lineares e de momentos.

4.2.2 Esforços Hiperestáticos

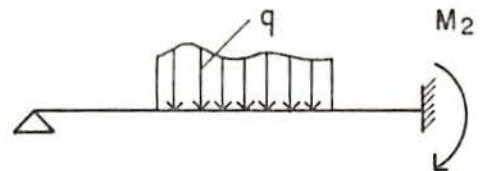
Todos os esforços hiperestáticos são obtidos por uma rotina denominada HIPER, conforme já referido. Estas vigas hiperestáticas podem se apresentar como mostrado na figura 4.2, para um carregamento qualquer, onde também estão indicadas as orientações das incógnitas hiperestáticas.

A orientação positiva adotada é no sentido anti-horário, coincidente com a convenção de 'Grinter', e o formulário utilizado e desenvolvido está mostrado na figura 4.3

viga simplesmente engastada



viga simplesmente engastada



viga duplamente engastada

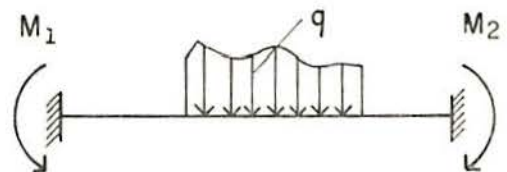


Figura 4.2 - Vigas hiperestáticas, vinculação e momentos

4.2.3 Esforços Estáticos

Os esforços estáticos em vigas isoladas são obtidos pela rotina STATIC em todas as seções de cálculo já definidas (ver item 2.2.9). Estes esforços, para cada seção, são (ver item 2.4.3) :

- momento fletor ;
- força cortante à esquerda e
- força cortante à direita



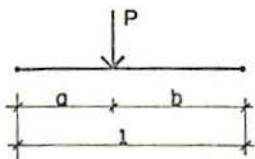
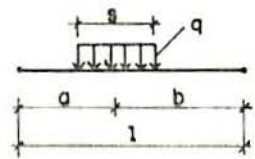
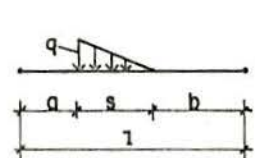
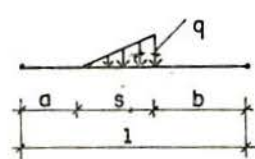
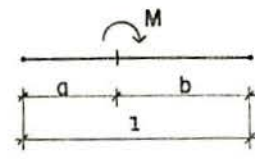
| <div style="text-align: center;">VINCULAÇÃO</div> <div style="text-align: center;">CARREGAMENTO</div> |  |  |
|---|---|---|
|  | $H1 = + Pab^2/l^2$ $H2 = - Pa^2b/l^2$ | $H1 = + Pab/2l^2(b+1)$ |
|  | $H1 = + qs/12l^2[12ab^2 + s^2(1-3b)]$ $H2 = - qs/12l^2[12a^2b + s^2(1-3a)]$ | $H1 = + qbs/8l^2(4a^2 + 8ab - s^2)$ |
|  | $H1 = + qs/60l^2[10b^2(3a+s) + s^2(15a+10b+3s)+40abs]$ $H2 = - qs/60l^2[10a^2(3b+2s) + s^2(10a+5b+2s)+20abs]$ | $H1 = + qs/120l^2[10a^2(3b+2s) + 20a^2(3b^2+2s) + 5bs(4b+5s) + 4s(25ab+2s^2)]$ |
|  | | $H1 = + ql/120l^2[10a^2(3b+s) + 20a(3b^2+s^2) + 5bs(8b+7s) + s(80ab+7s^2)]$ |
|  | $H1 = - Mb/l(2-3b/l)$ $H2 = - Ma/l(2-3a/l)$ | $H1 = - M/2(1-3b^2/l^2)$ |

Figura 4.3 - Esforços hiperestáticos em uma viga isolada (onde l = dimensão do vão)

A convenção positiva de esforços é igual à utilizada pela resistência dos materiais, onde os momentos flettores positivos são aqueles que tracionam as fibras inferiores.

O parâmetro principal de entrada desta rotina é um arranjo unidimensional que contém, além do número da viga, tipo de vinculação e dimensão do vão, principalmente, os blocos de cargas que servem de carregamento para a viga em questão. Estes blocos são tantos quantos forem os diferentes tipos de cargas que incidam sobre o vão da viga. Caso esta seja hiperestática ou pertencente a uma viga contínua (ver item 4.3), o sistema, na formação deste arranjo, acrescenta automaticamente mais um ou dois blocos de cargas com a finalidade de incorporar, como carregamentos sobre a viga isolada, os momentos de engastamento sobre os apoios existentes neste dois casos. Desta forma, em cada seção de cálculo são obtidas as contribuições de esforços relativos à cada bloco de cargas.

Como função final, após calcular todos os esforços, à rotina STATIC cabe a incumbência de armazená-los em um arranjo global, que mais adiante servirá para o dimensionamento das armaduras para cada seção.

4.3 Vigas Contínuas

4.3.1 Considerações e Hipóteses

As vigas contínuas no Sistema PROADE, ou especificamente na Análise Secundária, são definidas pelo usuário a partir de uma sequência de vigas isoladas através da linguagem orientada. A análise destas estruturas é feita a partir do processo de flexibilidade.

A resolução de estruturas hiperestáticas por este processo, ou processo das forças, como também é denominado, consiste em determinar um sistema de equações no qual as incógnitas são os esforços hiperestáticos, correspondentes aos vínculos em excesso que a estrutura contém.

Resolvido este sistema de equações obtemos as incógnitas hiperestáticas da estrutura e, a partir destes valores, determinamos os esforços solicitantes através da utilização das equações da estática.

O sistema de equações é obtido através do cálculo dos deslocamentos ou rotações correspondentes aos esforços hiperestáticos, em função destes esforços hiperestáticos e do carregamento externo aplicado à estrutura.

Calculados os deslocamentos, impomos a estes uma condição de compatibilidade, condição esta em que os deslocamentos ou rotações calculadas devem obedecer para estar de acordo com a estrutura real (estrutura hiperestática).

Na convenção utilizada para o desenvolvimento do método admitiu-se que os tramos são numerados de 1 até n , e os apoios de 1 até $n+1$, ambos a partir da esquerda para a direita, conforme é mostrado na figura 4.4.

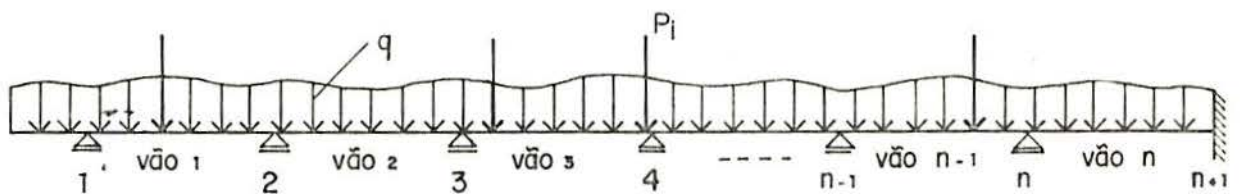


Figura 4.4 - Viga contínua com n vãos

Além disso temos :

- X - momentos negativos nos apoios engastados
- J - momentos de inércia de todas as seções de um tramo
- e,c,d - índices utilizados nas equações significando , respectivamente, esquerda, centro e direita.
- P - carga concentrada
- q - carga distribuída
- M - carga de momento fletor
- L - dimensão do vão de cada tramo
- k - coeficiente de rigidez de um tramo : $k = L/J$

Relativamente às unidades utilizadas, elas devem ser compatíveis. Os momentos positivos tracionam as fibras inferiores e os negativos as superiores. As reações positivas estão dirigidas para cima.

As hipóteses admitidas para a resolução de uma estrutura hiperestática, tipo viga contínua, pelo processo das forças são :

- a. os apoios da viga contínua são livres à rotação e fixos na direção vertical (sem apoio elástico)
- b. na direção horizontal é fixado um apoio enquanto os outros são móveis, tornando a viga contínua isostática para esforços aplicados na direção de seu eixo longitudinal
- c. o momento de inércia é constante em cada vão, podendo ser ser diferente de um vão para outro.

4.3.2 Equação dos Três Momentos

A resolução de uma estrutura hiperestática pelo processo das forças se baseia na transformação desta em uma estrutura isostática (isostática fundamental), substituindo os vínculos em excesso pelos esforços que introduzem. Impondo as condições de compatibilidade dos deslocamentos, obtemos um sistema de equações que nos permite resolver o problema.

A resolução das vigas contínuas torna-se mais simples pelo fato de podermos chegar a processos particulares, como, no nosso caso, a Equação dos Três Momentos. Por este processo as incógnitas hiperestáticas são os momentos de apoio.

Assim, para resolver uma viga contínua temos que transformá-la em vãos isostáticos (isostática fundamental), colocando os momentos fletores nos apoios como incógnitas hiperestáticas. Na figura 4.5 estão indicados três vãos genéricos da viga contínua da figura 4.4, na sua forma isostática.

Desta forma, analisando um vão de uma viga contínua em sua forma isostática, este estará sujeito a um car-

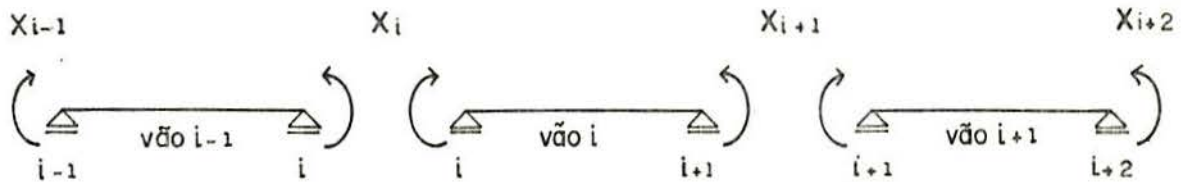


Figura 4.5 - Vãos da viga contínua na forma isostática

regamento qualquer e à momentos fletores sobre seus apoios (incógnitas hiperestáticas). Para este vão, mostrado na figura 4.6, os giros em ambos os apoios são dados pelas seguintes expressões:

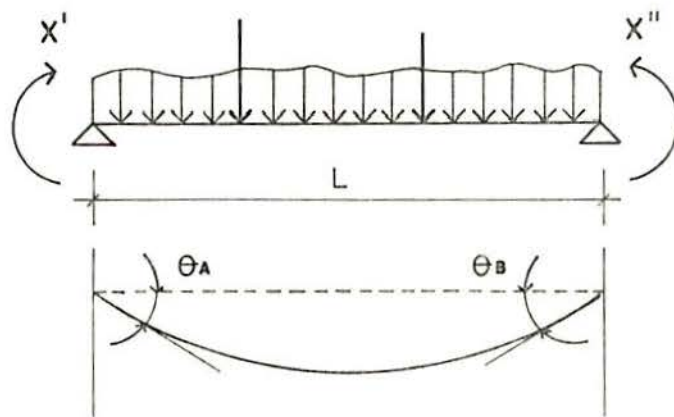


Figura 4.6 - Giros de um vão isolado (isostática fundamental)

$$\theta_a = - \frac{L}{6.E.J} \cdot (2X' + X'' + D) \quad (4.1)$$

$$\theta_b = + \frac{L}{6.E.J} \cdot (2X'' + X' + E) \quad (4.2)$$

onde os coeficientes E e D representam os sistemas de cargas incidentes sobre o vão (cargas externas). Na figura 4.7 estão relacionados estes coeficientes para os tipos de carregamentos admitidos pelo sistema, definidos no Capítulo 2.

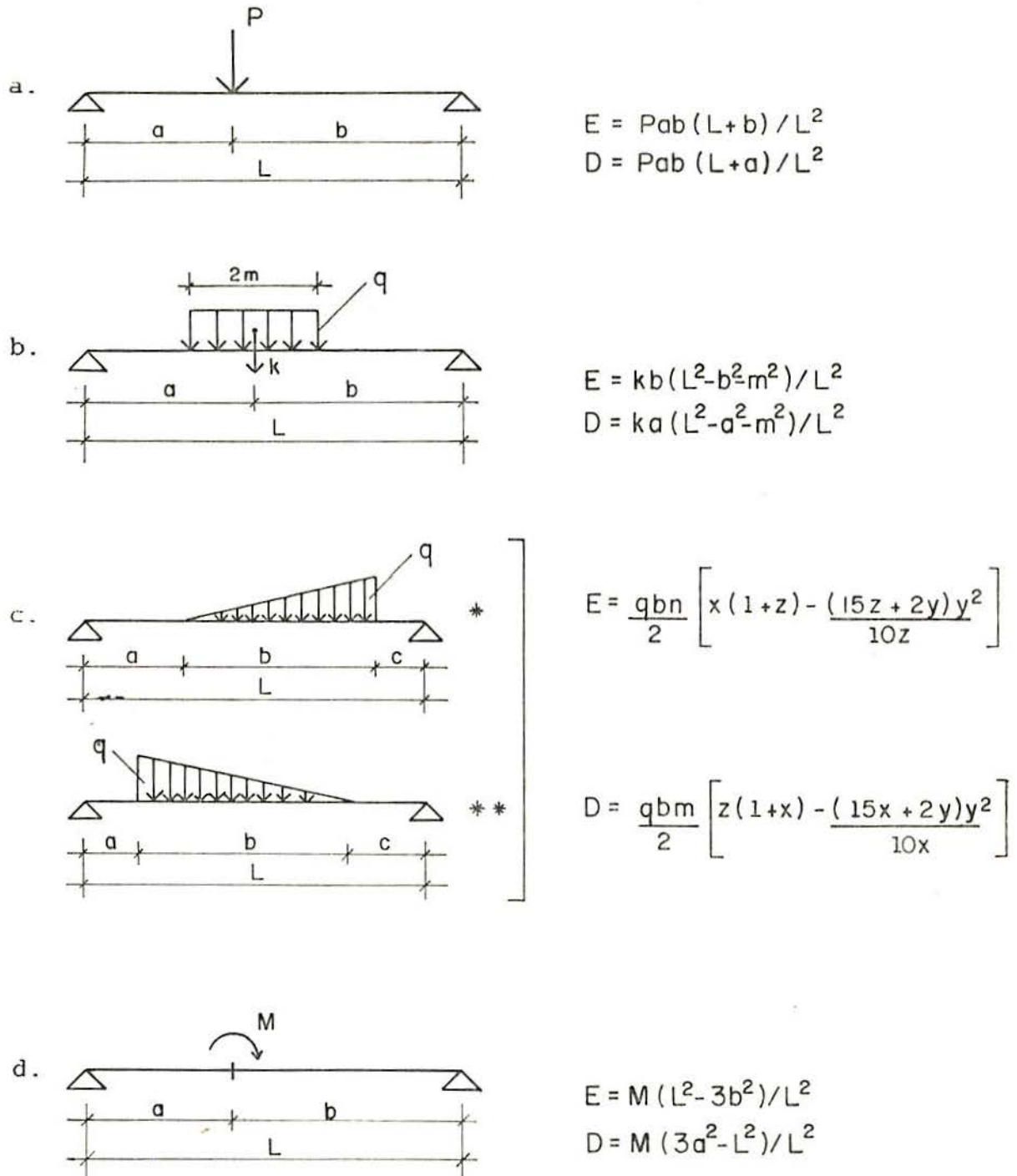


Figura 4.7 - Coeficientes E e D

[*] onde: $m = a + 2b/3$; $n = c + b/3$; $x = m/L$; $y = d/L$; $z = n/L$

[**] onde: $m = a + b/3$; $n = c + 2b/3$; $x = n/L$; $y = d/L$; $z = n/L$

Em uma viga contínua a condição de compatibilidade dos deslocamentos é estabelecida de modo a que a rotação relativa nos apoios entre dois vãos consecutivos seja igual à zero. A figura 4.8 mostra como ocorre esta rotação em um apoio genérico da estrutura.

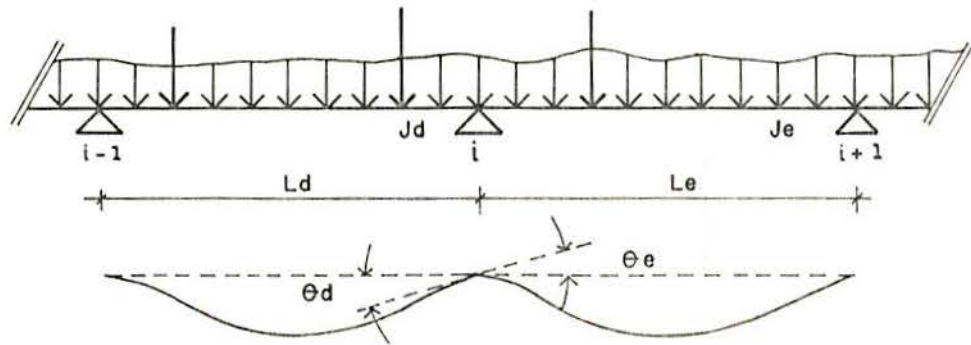


Figura 4.8 - Rotação de um apoio interno de uma viga contínua

Assim, para cada apoio interno de uma viga contínua, pode-se escrever a seguinte expressão:

$$\theta_e - \theta_d = 0 \quad (4.3)$$

onde da expressão 4.2, fazendo-se $\theta_b = \theta_e$, $L = L_e$, $X' = X_e$, $X'' = X_c$, $J = J_e$ e $R = R_c$, temos

$$\theta_e = + \frac{L_e}{6.E.J_e} \cdot (X_e + 2X_c + D_e) \quad (4.4)$$

e, da expressão 4.1, fazendo-se $\theta_a = \theta_d$, $L = L_d$, $X' = X_c$, e $X'' = X_d$, $J = J_d$ e $L = L_d$, temos

$$\theta_d = - \frac{L_d}{6.E.J_d} \cdot (2X_c + X_d + E_d) \quad (4.5)$$

assim, através da equação 4.3 chega-se à equação dos três momentos, qual seja

$$0 = \frac{L_e}{J_e} \cdot (X_e + 2X_c + D_e) + \frac{L_d}{J_d} \cdot (2X_c + X_d + E_d) \quad (4.6)$$

válida para vigas contínuas com apoios inelásticos (sem deformações verticais) e quando todas as seções têm forma e dimensões invariáveis.

Particularizando e simplificando a expressão 4.6 para o caso definido nas hipóteses anteriores, de uma viga contínua com dimensões e momentos de inércia arbitrários, para todos os vãos temos :

$$0 = X_d \cdot k_d + 2X_c(k_e + k_d) + X_d \cdot k_d + D_e \cdot k_e + E_d \cdot k_d \quad (4.7)$$

onde os coeficientes de rigidez 'k' são dados por :

$$k_i = \frac{L_i}{J_i} \quad \text{onde } i = 1, n$$

Desta forma, para cada par de tramos contíguos deve-se aplicar a equação dos três momentos (expressão 4.7); assim, para uma viga contínua de n vãos teremos um sistema com (n + 1) equações que deve ser resolvido para obter-se os (n + 1) momentos negativos nos apoios.

4.3.3 Montagem e Solução do Sistema de Equações

Para que uma viga contínua possa ser analisada e resolvida é necessário que, como primeiro passo, seja configurado o seu carregamento total, para cada vão, a partir do estado de carga para o qual esteja sendo feito o cálculo, acrescidas das reações das lajes obtidas para o mesmo estado. Este arranjo contém o nome de cada viga isolada que compõe a viga contínua, a dimensão do seu vão, a sua vinculação e os blocos

de carregamentos para cada vão. Sua montagem é feita pela rotina FORAUX.

Feito isto, antes de iniciar a resolução, o sistema verifica, automaticamente, se um ou os dois vãos extremos estão em balanço. Caso afirmativo, estes momentos sobre os apoios são calculados pela rotina VICBAL e, para efeito de resolução de viga contínua, seu número de vãos passa a ser n - (número de balanços), sendo que estes momentos passarão a atuar como carregamentos sobre os apoios extremos.

Desta forma, montado o carregamento final atuante sobre cada vão da viga contínua, temos três etapas sucessivas a serem cumpridas, com o único objetivo de obter, ao final, os momentos fletores sobre cada um dos apoios, quais sejam:

- 1ª - cálculo dos coeficientes de carga E e D para cada um dos vãos da viga contínua, conforme já mostrado na figura 4.7. Este procedimento é feito pela rotina VICPAR.
- 2ª - montagem do sistema de equações baseado na equação dos Três Momentos. Esta montagem está proposta a partir da formação de uma matriz [A], banda simétrica, com banda 2, um vetor de incógnitas [X] e um vetor de termos independentes [B], resultando em

$$[A] \cdot [X] = [B]$$

ou, explicitamente, representado pelo sistema linear de equações mostrado na figura 4.9, baseado nas convenções das figuras 4.4 e 4.5.

Esta etapa se completa aplicando-se as condições de contorno dos 2 apoios extremos às matrizes [A] e [B], em função daqueles serem vínculos do tipo simplesmente apoiado ou engastados. Todo este procedimento é executado pela rotina VICMOM.

- 3ª - solução do sistema de $(n + 1)$ equações através do método de eliminação de Gauss, utilizando-se uma matriz banda simétrica, da mesma forma como é feito para o caso de

uma malha de elementos finitos (item 3.2.3.4.4), através da rotina SLBSI.

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 2 \\
 3 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 i \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 n-1 \\
 n \\
 n+1
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 2k_1 & k_1 \\
 2(k_1+k_2) & k_2 \\
 2(k_2+k_3) & k_3 \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 2(k_{i-1} + k_i) & k_i \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 2(k_{n-2} + k_{n-1}) & k_{n-1} \\
 2(k_{n-1} + k_n) & k_n \\
 2k_n & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 X_1 \\
 X_2 \\
 X_3 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 X_i \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 X_{n-1} \\
 X_n \\
 X_{n+1}
 \end{bmatrix}
 = -
 \begin{bmatrix}
 E_1.k_1 \\
 D_1.k_1 + E_2.k_2 \\
 D_2.k_2 + E_3.k_3 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 D_{i-1}.k_{i-1} + E_i.k_i \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 D_{n-2}.k_{n-2} + E_{n-1}.k_{n-1} \\
 D_{n-1}.k_{n-1} + E_n.k_n \\
 D_n.k_n
 \end{bmatrix}$$

Figura 4.9 - Solução de uma viga contínua
Sistema linear de equações

Assim, obtemos os momentos fletores em todos os apoios da viga contínua, sendo que nos apoios extremos, caso não sejam do tipo engaste ou não tenham momentos extremos aplicados, os momentos fletores serão nulos. Estes momentos são reduzidos a 85% de seu valor, conforme prescrição da NBR 6118/82, desde que estes novos valores não sejam inferiores aos momentos obtidos para o mesmo apoio, supondo-se as vigas isoladas como perfeitamente engastadas. Feito isto, passamos a ter a configuração real e final dos carregamentos e esforços hiperestáticos incidentes sobre cada um dos vãos da vigas isoladas, tornando-

se possível, então, a obtenção das solicitações estáticas finais.

4.3.4 Cálculo dos Esforços Estáticos

Obtidos os esforços hiperestáticos para cada viga contínua, pode-se formar o carregamento final sobre cada uma das vigas isoladas que a compõe. E, para cada uma destas vigas, procede-se no cálculo dos esforços solicitantes em cada uma das seções indicadas, através da rotina STATIC, da mesma forma como é feito para o caso das vigas isoladas, já abordado no item 4.2.3 .

5. DIMENSIONAMENTO

5.1 Descrição

Para o dimensionamento de qualquer seção de um elemento estrutural, laje ou viga, são necessários os seguintes dados:

- a. geometria de seção;
- b. resistência dos materiais e
- c. esforços solicitantes na seção.

Os itens 'a' e 'b' são fornecidos pelo usuário através da entrada de dados, sendo, portanto, passíveis de alteração sempre que necessário. O item 'c' é gerado automaticamente pelo sistema.

Estão implantadas na Análise Secundária duas rotinas de dimensionamento, uma para peças sujeitas à flexão, de nome ARFLEX, e outra para peças sujeitas a esforços de corte, chamada ARTRAN. Ambas serão abordadas nos seguintes itens.

5.2 Armadura Longitudinal

5.2.1 Enfoque Geral

Para a obtenção da armadura longitudinal de

seções que, devido às solicitações impostas, estão sujeitas à flexão (caso de lajes e vigas) foi implementada a rotina ARFLEX. Esta rotina foi desenvolvida baseada nas seguintes hipóteses e orientações básicas :

- a. manutenção da seção plana até a ruptura (verificação da hipótese de Bernoulli);
- b. admite-se solidariedade perfeita entre os materiais;
- c. é desprezada, à favor da segurança, a pequena resistência do concreto à tração;
- d. o alongamento máximo para a armadura tracionada é de 10%, visando a prevenir deformações plásticas excessivas;
- e. os limites de deformações adotados para peças fletidas seguem orientação da NBR 6118/82 em seu item 4.1.1.1;
- f. as tensões do concreto são analisadas através de um diagrama retangular de tensões que substitui, conforme permite a NBR 6118/82, ao diagrama parábola-retângulo, válido para qualquer tipo de seção e para qualquer posição da linha neutra. O fato de utilizar esta aproximação na análise das tensões do concreto, gerando um erro contra a segurança inferior à 1,5%, portanto desprezível, é compensado pelas grandes simplificações obtidas no processo;
- g. as tensões na armadura são determinadas de acordo com os diagramas simplificados de tensão-deformações indicados no item 7.2 da NBR 6118/82.

Além disso, a rotina ARFLEX foi elaborada para a utilização de qualquer tipo de aço, quer em função de sua classe ou do valor de sua tensão, como mostrado na figura 5.1.

As áreas mínimas de aço admitidos são as seguintes, conforme recomendações da NBR 6118/82 e CEB/72 :

| | | |
|---------|-------------------------------|------------------------|
| vigas : | aço com $f_{yk} \leq 320$ MPa | $A_{smin} = 0.25\% bh$ |
| | aço com $f_{ck} > 320$ MPa | $A_{smin} = 0.15\% bh$ |
| lajes : | qualquer tipo de aço | $A_{smin} = 0.10\% bh$ |

| aço | CA 25 | CA 32 | CA 40 | CA 50 | CA 60 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| fck | 250 | 320 | 400 | 500 | 600 |

Figura 5.1 - Tipos de aço : classe e tensão (em MPa)

A rotina também admite o dimensionamento da seção com utilização de armadura simples ou dupla. Quando, mesmo utilizando o recurso da armadura dupla, os parâmetros relativos à deformação forem ultrapassados, a própria rotina gera um erro indicando ao usuário que a armadura está com deformação excessiva naquela seção.

Todo este processo é utilizado para calcular as armaduras de flexão para todos os momentos fletores característicos das lajes, máximos positivos e mínimos negativos nas vigas e, da mesma forma, em todas as seções indicadas das vigas, sempre que o momento fletor seja diferente de zero.

5.2.2 Procedimentos de cálculo

O problema do dimensionamento de um elemento estrutural sujeito à flexão simples está, de uma forma esquemática, completamente ilustrado na figura 5.2 .

Nesta figura temos a seção de uma viga sujeita à ação de um momento fletor de cálculo (M_d) que será resistido pela seção transversal de concreto e aço. Está mostrado também o diagrama das deformações, sob a hipótese da permanência plana da seção, onde temos a deformação de compressão do concreto (ϵ_c), a deformação do aço comprimido (ϵ_1), a deformação do aço tracionado (ϵ_2) e a distância do bordo comprimido à linha neutra (x). E, complementando a figura, o diagrama das tensões nesta seção, onde as tensões do concreto estão representadas por um diagrama retangular, conforme as orientações da NBR 6118/82.

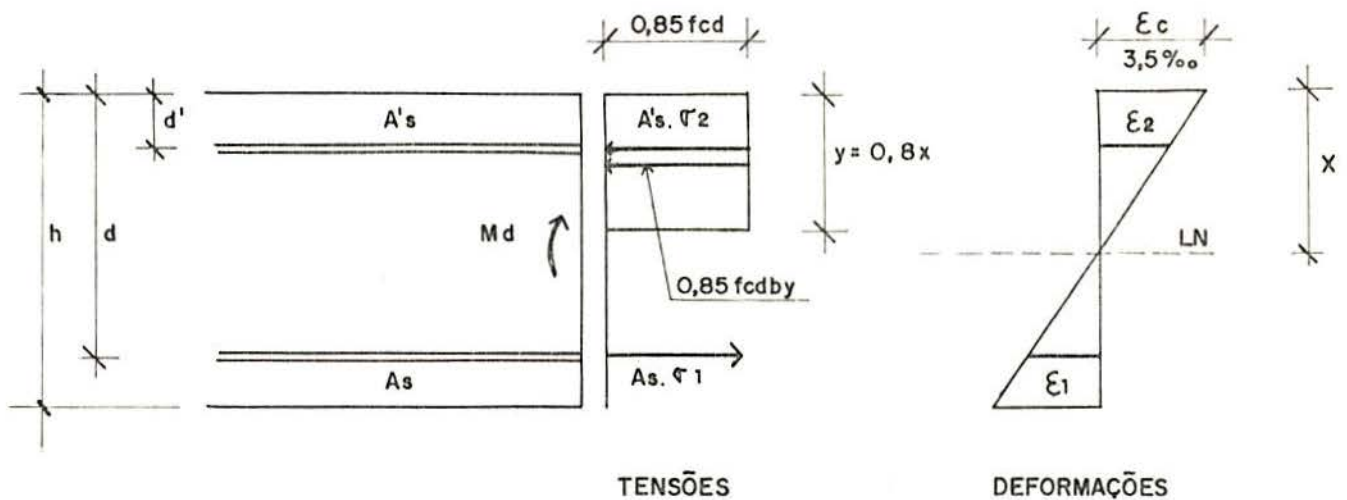


Figura 5.2 - Seção transversal de uma viga
Diagramas de deformações/tensões

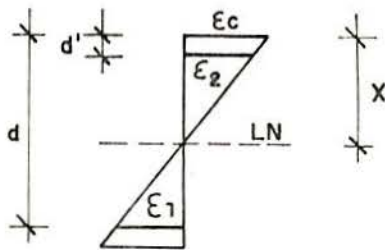
No processo de solução, são as seguintes as solicitações que teremos de obter, para a definição correta da faixa de utilização da peça e seu compatível dimensionamento :

| | |
|------------|--|
| M_k | momento de serviço |
| M_d | momento de cálculo : $M_d = \gamma_f \cdot M_k$ |
| M_{dmin} | momento mínimo de cálculo que a peça deverá suportar |
| M_{dlim} | momento limite de cálculo para que a peça se - ja considerada subarmada. |

A partir disto, o processo de solução da armadura longitudinal recairá sobre um dos 3 casos seguintes :

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| $M_d \leq M_{dmin}$ | armadura mínima |
| $M_d \leq M_{dlim}$ | armadura simples - peça subarmada |
| $M_d > M_{dlim}$ | armadura dupla - peça superarmada |

A situação limite entre a peça subarmada/superarmada fica perfeitamente definida pelo diagrama das deformações e pela posição limite da linha neutra (LN), assim :



deformações
Figura 5.3

como

$$\frac{\epsilon_c}{x} = \frac{\epsilon_1}{d-x} \quad (5.1)$$

temos

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_1 + \epsilon_c} \cdot d \quad (5.2)$$

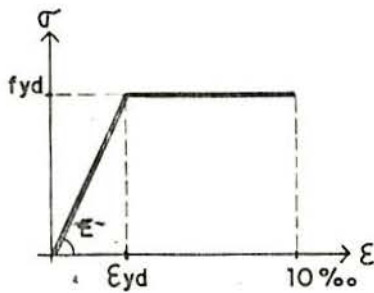
no limite

$$\epsilon_1 = \epsilon_{yd} ; \epsilon_c = 0,0035$$

então

$$x \rightarrow x_{lim} = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{yd} + \epsilon_c} \cdot d \quad (5.3)$$

Como, porém, a expressão (5.3) está em função da tensão de escoamento do aço, x_{lim} varia com a classe de aço adotado, desta forma temos :

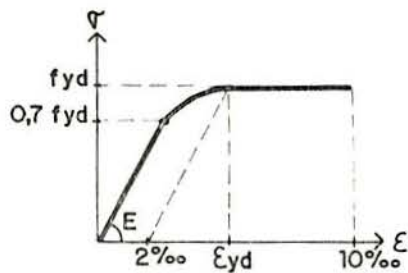


aço tipo A
Figura 5.4

$$\epsilon_1 = \epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} \quad (5.4)$$

e

$$x_{lim} = \frac{d}{1 + 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \quad (5.5)$$



aço tipo B
Figura 5.5

$$\epsilon_1 = \epsilon_{yd} = 0,002 + \frac{f_{yd}}{E} \quad (5.6)$$

e

$$x_{lim} = \frac{d}{1,57 + 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \quad (5.7)$$

sendo E o módulo de elasticidade longitudinal do aço, então

$$x_{lim} = \xi_{lim} \cdot d \quad (5.8)$$

onde

$$\xi_{lim} = \frac{1}{1 + 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \quad \text{para o aço A} \quad (5.9)$$

$$\xi_{lim} = \frac{1}{1,57 + 1,36 \cdot 10^{-3} \cdot f_{yd}} \quad \text{para o aço B} \quad (5.10)$$

E, para esta situação limite, o diagrama de tensões no concreto fica definido por :

$$y_{lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot d \quad (5.11)$$

pois

$$y = 0,8 \cdot x \quad (5.12)$$

Para esta mesma situação, o momento limite de cálculo (M_{dlim}) que uma peça subarmada poderá resistir, pode ser obtido a partir das equações de equilíbrio à rotação da seção para este caso (ver figura 5.2), assim :

$$M_d = 0,85 \cdot b \cdot y \cdot f_{cd} \cdot (d - y/2) \quad (5.13)$$

na situação limite, temos :

$$x \rightarrow x_{lim} \Rightarrow y = y_{lim} \Rightarrow M_d = M_{dlim}$$

e, a equação (5.13) fica

$$M_{dlim} = 0,85 \cdot b \cdot y_{lim} \cdot f_{cd} \cdot (d - y_{lim}/2) \quad (5.14)$$

introduzindo a expressão (5.11) temos

$$M_{dlim} = 0,68 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,4 \cdot \xi_{lim}) \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (5.15)$$

Posto isto, ficamos perfeitamente habilitados a analisar cada um dos 3 casos anteriormente descritos.

1º CASO

ARMADURA MINIMA ($M_d \leq M_{dmin}$)

Da figura 5.2 podemos obter as equações de equilíbrio à translação (T) e à rotação (R) para o caso de uma peça subarmada,

$$T : 0,85.b.y.fcd - A_s.fyd = 0 \quad (5.16)$$

$$R : M_d = 0,85.b.y.fcd.(d-y/2) \quad (5.17)$$

assim

$$M_d = A_s.fyd. \left(d - \frac{A_s.fyd}{1,7.b.fcd} \right) \quad (5.18)$$

No caso de armadura mínima temos que $A_s \rightarrow A_{smin} = \rho_{min}.b.h$, sendo ρ_{min} a taxa de armadura longitudinal mínima da seção. Desta forma $M_d \rightarrow M_{dmin}$, assim

$$M_{dmin} = \rho_{min}.b.h^2.fyd. \left(\frac{d}{h} - \frac{\rho_{min}.fyd}{1,7.fcd} \right) \quad (5.19)$$

e, caso

$$M_d \leq M_{dmin}$$

temos, portanto, que

$$A_s = A_{smin} = \rho_{min}.b.h \quad (5.20)$$

2º CASO

ARMADURA SIMPLES ($M_d \leq M_{dlim}$)

Das equações de equilíbrio do 1º caso obtemos y de (5.17) pela seguinte expressão

$$y = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,0425 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) \quad (5.21)$$

e, de (5.16) obtemos a armadura necessária

$$A_s = \frac{0,85 \cdot b \cdot y \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \quad (5.22)$$

3º CASO

ARMADURA DUPLA ($M_d > M_{dlim}$)

Da figura 5.2 podemos obter as equações de equilíbrio à translação (T) e à rotação (R) para o caso de uma peça superarmada

$$T : 0,85 \cdot b \cdot y \cdot f_{cd} + A_s' \cdot \sigma_2 - A_s \cdot f_{yd} = 0 \quad (5.23)$$

$$R : M_d = 0,85 \cdot b \cdot y \cdot f_{cd} \cdot (d - y/2) + A_s' \cdot \sigma_2 \cdot (d - d') \quad (5.24)$$

como $y \rightarrow y_{lim}$, substituindo a equação (5.11) em (5.24) e, levando em consideração a equação (5.15), temos que a equação de equilíbrio à rotação (5.24) pode ser expressa por

$$R : M_d = M_{dlim} + A_s' \cdot \sigma_2 \cdot (d - d') \quad (5.25)$$

assim, de (5.25) obtemos A_s'

$$A_s' = \frac{M_d - M_{dlim}}{\sigma_2 \cdot (d - d')} \quad (5.26)$$

e, de (5.23) obtemos A_s

$$A_s = \frac{0,68 \cdot \sqrt{f_{cd}} \cdot \lim.b.d.f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{M_d - M_{dlim}}{f_{yd} \cdot (d-d')} \quad (5.27)$$

A tensão σ_z depende da deformação ϵ_z e do tipo de aço. Do diagrama de deformações da seção, figura 5.3, temos que :

$$\frac{\epsilon_z}{x - d'} = \frac{\epsilon_c}{x}$$

no limite temos $x \rightarrow x_{lim}$, $\epsilon_c = 0,0035$, e

$$\epsilon_z = \epsilon_c \cdot \frac{x_{lim} - d'}{x_{lim}} \quad (5.28)$$

E dos diagramas $\sigma \times \epsilon$ de cada tipo de aço, figuras 5.4 e 5.5, obtemos a tensão σ_z da seguinte maneira

aço tipo A

$$\begin{aligned} \text{para } 0 < \epsilon_z \leq \epsilon_{yd} & \quad \text{-----} \rightarrow \quad \sigma_z = E \cdot \epsilon_z \\ \epsilon_{yd} < \epsilon_z \leq 0,010 & \quad \text{-----} \rightarrow \quad \sigma_z = f_{yd} \end{aligned}$$

aço tipo B

$$\begin{aligned} \text{para } 0 < \epsilon_z \leq \epsilon_{yd} & \quad \text{-----} \rightarrow \quad \sigma_z = E \cdot \epsilon_z \\ 0,7 \cdot f_{yd}/E < \epsilon_z \leq \epsilon_{yd} & \quad \text{-----} \rightarrow \end{aligned}$$

$$\text{-----} \rightarrow \quad \sigma_z = \frac{f_{yd}}{2} \left[1,4 - \frac{45 \cdot f_{yd}}{E} + \right.$$

$$\left. + \sqrt{\left(\frac{45 \cdot f_{yd}}{E} - 1,4 \right)^2 - 4 \cdot (0,49 - 45 \cdot \epsilon_z)} \right]$$

$$\epsilon_{yd} < \epsilon_z \leq 0,010 \quad \text{-----} \rightarrow \quad \sigma_z = f_{yd}$$

A aplicação deste desenvolvimento está mostrado, de forma esquemática, no fluxograma apresentado na figura 5.6 .

5.3 Armadura Transversal

5.3.1 Enfoque Geral

As armaduras transversais são obtidas para os esforços cortantes de cada seção de uma viga através da rotina ARTRAN, conforme já referido.

Esta rotina foi desenvolvida baseada na teoria clássica de Morsch e de acordo com as prescrições da NBR 6118/82 em seus itens 4.1.4.2 e 5.3.1.2b . Visando-se futuras implementações esta rotina foi implantada com possibilidade de abordar três casos distintos, quais sejam:

- flexo-compressão
- flexo-tração
- flexão simples.

Os dois primeiros casos seriam abordados quando do cálculo de armadura de cisalhamento para pilares e o último para o caso de vigas sujeitas à flexão.

Assim, como já comentado no item anterior, para que se proceda ao dimensionamento da armadura transversal de uma determinada seção, são necessários os seguintes dados :

- geometria da seção, incluindo a sua altura útil
- resistência dos materiais
- armadura longitudinal tracionada na seção
- esforço cortante
- força normal, caso de pilares
- caso de abordagem, indicado acima.

os itens 'a' e 'b' são fornecidos pelo usuário e os demais são gerados pelo próprio sistema da Análise Secundária.

Está prevista a utilização de qualquer tipo de aço (ver figura 5.1) e a possibilidade de dimensionamento desta armadura com estribos dispostos em ângulo reto (90º) ou inclinados (45º). As taxas de armadura mínima ao cisalhamento estão fixadas em :

- para $f_{yk} \leq 320$ MPa $A_{swmin} = 0.25\% bh$
- para $f_{yk} > 320$ MPa $A_{swmin} = 0.14\% bh$

Como segurança ao usuário, caso a seção em questão não seja suficiente para absorver o esforço cortante, automaticamente é gerado um erro comunicando a necessidade de alterar as dimensões da seção geométrica.

5.3.2 Procedimento de cálculo

Quando do dimensionamento de elementos estruturais ao esforço cortante, é necessário que seja feita a verificação da tensão convencional de cisalhamento do concreto (τ_{wd}). Esta tensão não deverá ultrapassar o limite último prescrito pela norma NBR 6118/82, definido como a tensão última ao cisalhamento (τ_{wu}). A tensão τ_{wd} é dada por

$$\tau_{wd} = \frac{V_d}{b_w \cdot d} \quad (5.29)$$

onde

- V_d = força cortante de cálculo
- b_w = base da seção
- d = altura útil da seção
- h = altura da seção

A tensão τ_{wd} não pode ultrapassar o valor último τ_{wu} definido por :

a) Para peças lineares com $b_w \leq 5h$

a.1) Com armadura transversal inclinada a 45° sobre o eixo da peça

$$\tau_{wu} = 0,30 \cdot f_{cd} \leq 5,5 \text{ MPa} \quad (5.30)$$

a.2) Nos demais casos

$$\tau_{wu} = 0,25 \cdot f_{cd} \leq 4,5 \text{ MPa} \quad (5.31)$$

b) Para lajes e peças lineares com $b_w > 5h$, os coeficientes 0,30 e 0,25 devem ser multiplicados por um dos seguintes fatores, mantidos os valores absolutos (h em metros) :

$$\begin{array}{ll} 0,5 & \text{se } h \leq 0,15 \\ \frac{1}{3} + \frac{h}{0,9} & \text{se } 0,15 < h < 0,60 \\ 1 & \text{se } h \geq 0,60 \end{array}$$

Todo e qualquer esforço produzido por uma força cortante será resistido só por estribos. A armadura transversal necessária para resistir estes esforços está calculada segundo os princípios da teoria clássica de Morsch, com base na seguinte tensão :

$$\tau_d = 1,15 \cdot \tau_{wd} - \tau_c \geq 0$$

onde, segundo a NBR 6118/82, temos

$$\sigma_c = \psi_1 \sqrt{f_{ck}} \quad \text{flexão simples} \quad (5.32)$$

$$\sigma_c = \psi_1 \sqrt{f_{ck}} \cdot (1 + \sigma_{cmd}/f_{ck}) \quad \text{flexo-compressão} \quad (5.33)$$

$$\sigma_c = \psi_1 \sqrt{f_{ck}} \cdot (1 - 9 \cdot \sigma_{tmd}/f_{ck}) \quad \text{flexo-tração} \quad (5.34)$$

sendo que

$$\sigma_{cmd} = \frac{N_{cd}}{A_c} \quad \text{---> tensão média de compressão, de cálculo}$$

$$\sigma_{tmd} = \frac{N_{td}}{A_c} \quad \text{---> tensão média de tração, de cálculo}$$

O valor de ψ_1 é obtido em função da taxa de armadura longitudinal tracionada ($\rho_1 = A_s/b \cdot d$) da seguinte forma :

$$\begin{aligned} \psi_1 &= 0,24 && \text{para } \rho_1 \leq 0,001 \\ \psi_1 &= 15 \cdot \rho_1 + 0,225 && \text{para } 0,001 < \rho_1 < 0,015 \\ \psi_1 &= 0,45 && \text{para } \rho_1 \geq 0,015 \end{aligned}$$

Obtida a tensão σ_d podemos determinar a taxa geométrica de armadura transversal ρ_w :

$$\rho_w = \frac{\sigma_d}{\sigma_{sd}} \quad (5.35)$$

onde

$$\sigma_{sd} = \min(f_{yd}, 435 \text{ M Pa}) \quad (5.36)$$

Assim, obtemos a área da seção transversal dos estribos A_{sw} por metro de viga ou pilar :

$$A_s = 100. \rho_w \cdot b \cdot w / \sqrt{2} \quad \text{para os casos de vigas com} \quad (5.37)$$

estribos inclinados a 45°

ou

$$A_s = 100. \rho_w \cdot b \cdot w \quad \text{nos demais casos} \quad (5.38)$$

No caso de vigas deve-se, ainda, verificar se a armadura calculada supera a armadura mínima necessária já indicada no item 5.3.1 em função da tensão do aço utilizado.

A aplicação deste formulário acima descrito está mostrado, de forma esquemática, no fluxograma apresentado na figura 5.7 .

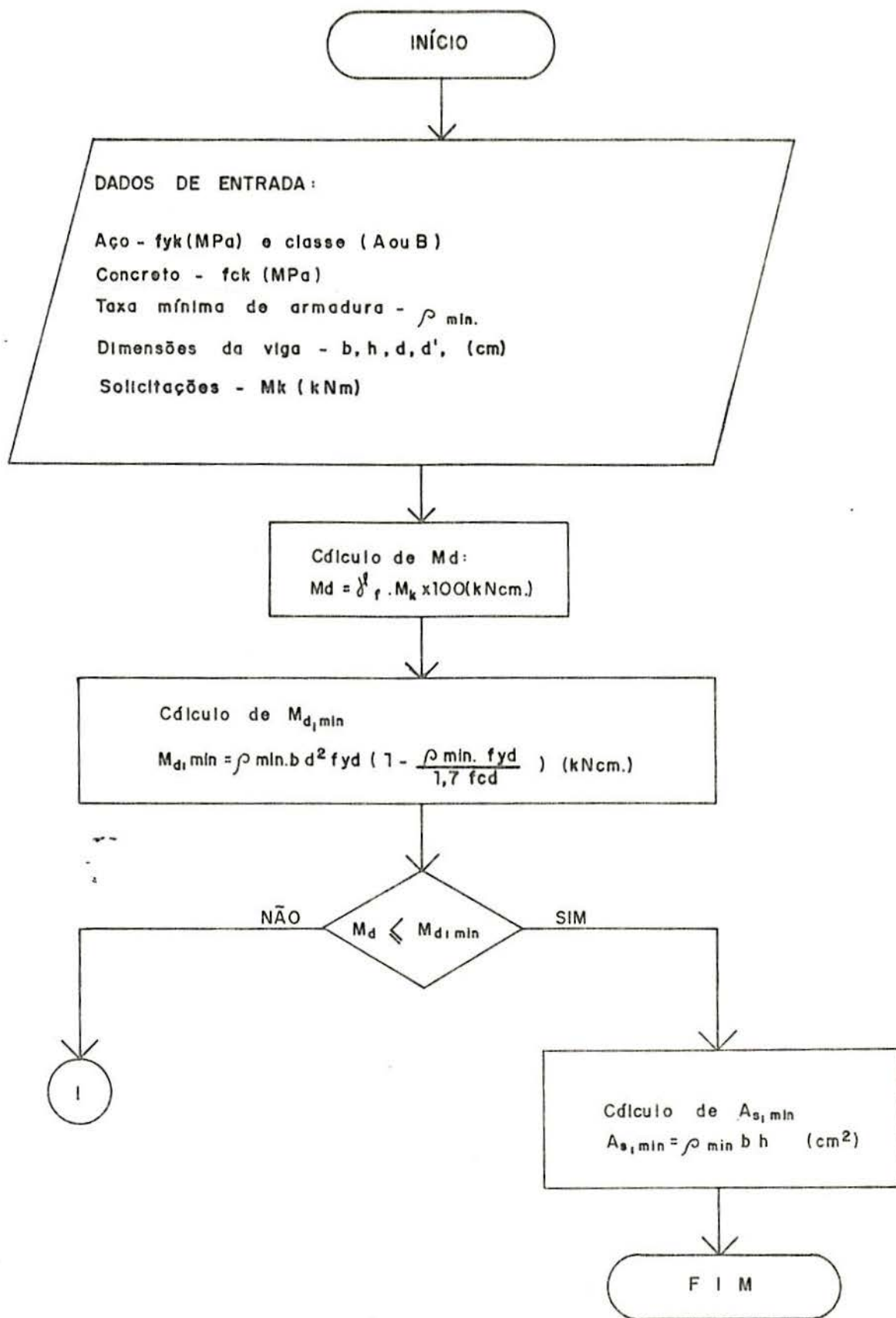


Figura 5.6 - Fluxograma : flexão reta simples (1a. parte)

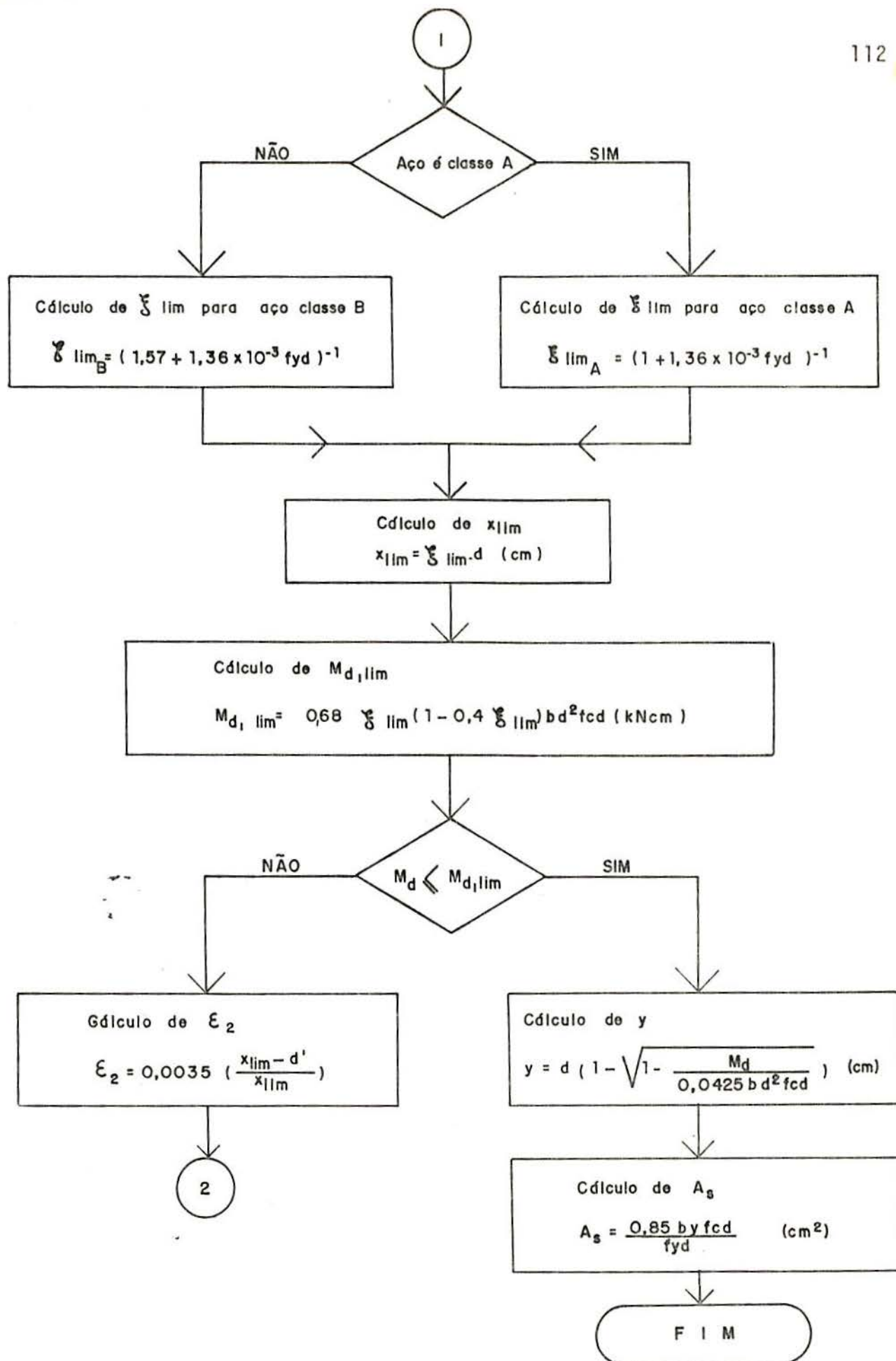


Figura 5.6 - Fluxograma : flexão reta simples (2a. parte)

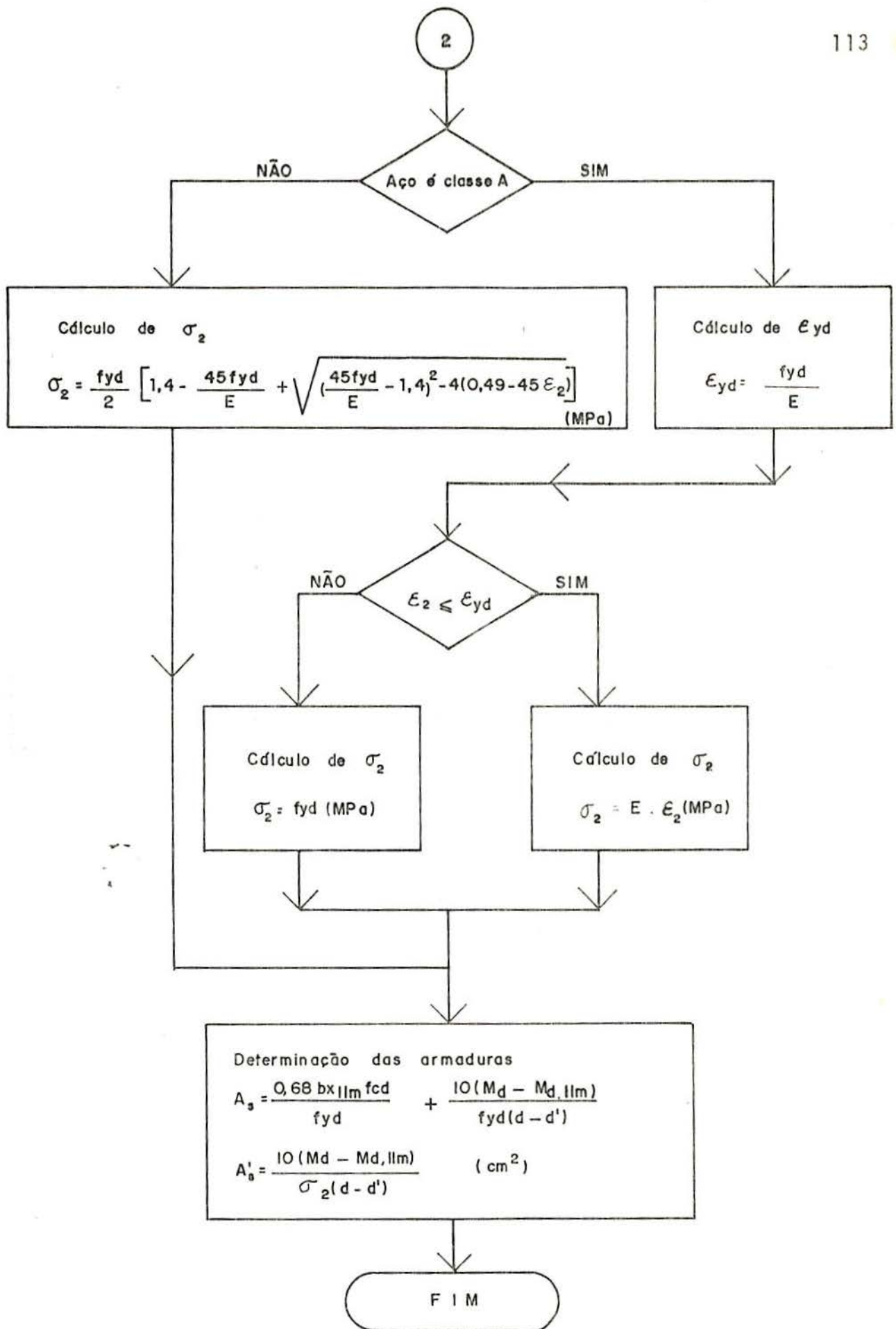


Figura 5.6 - Fluxograma : flexão reta simples (3a. parte)

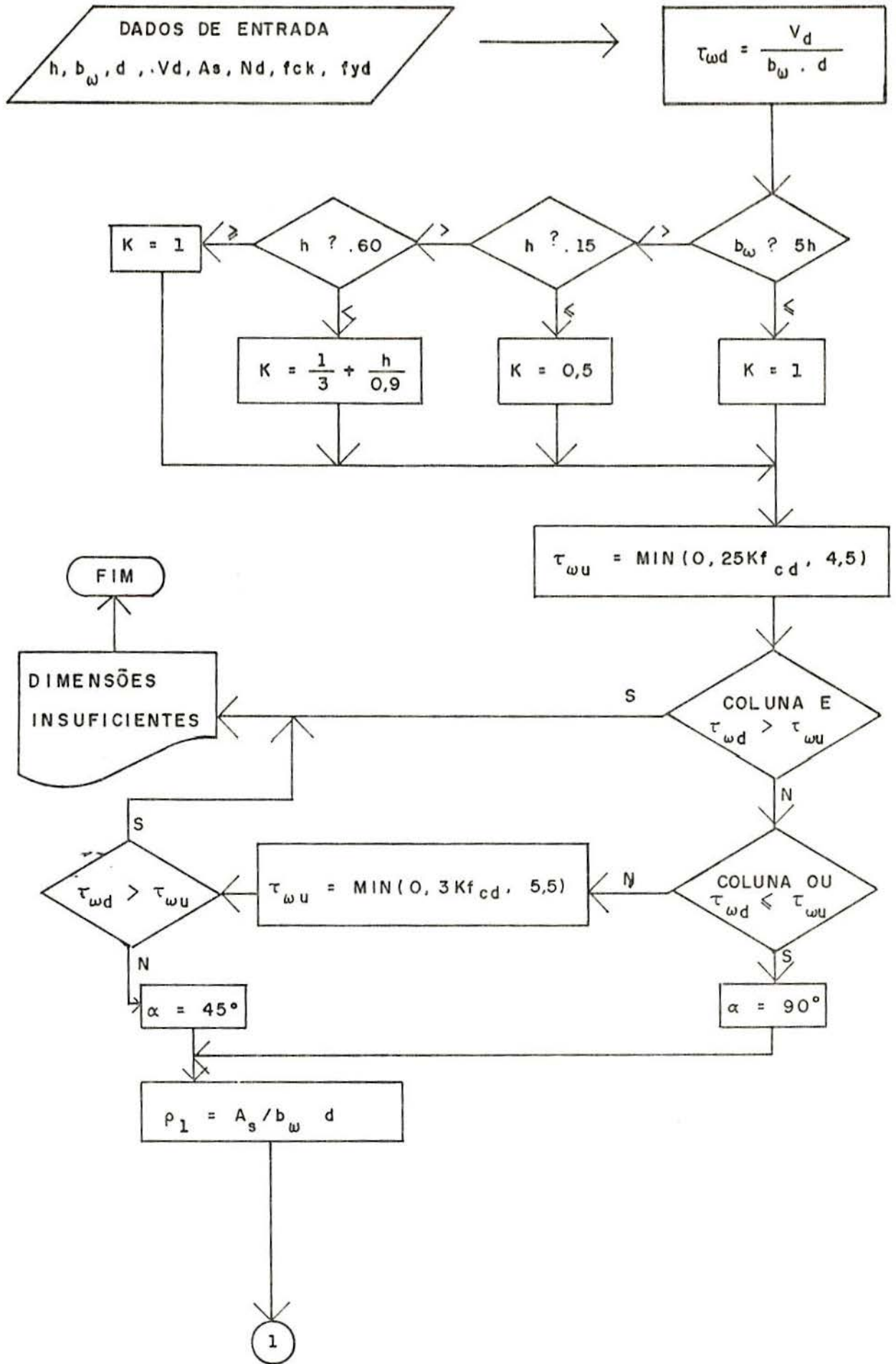


Figura 5.7 - Fluxograma : cisalhamento (1a. parte)

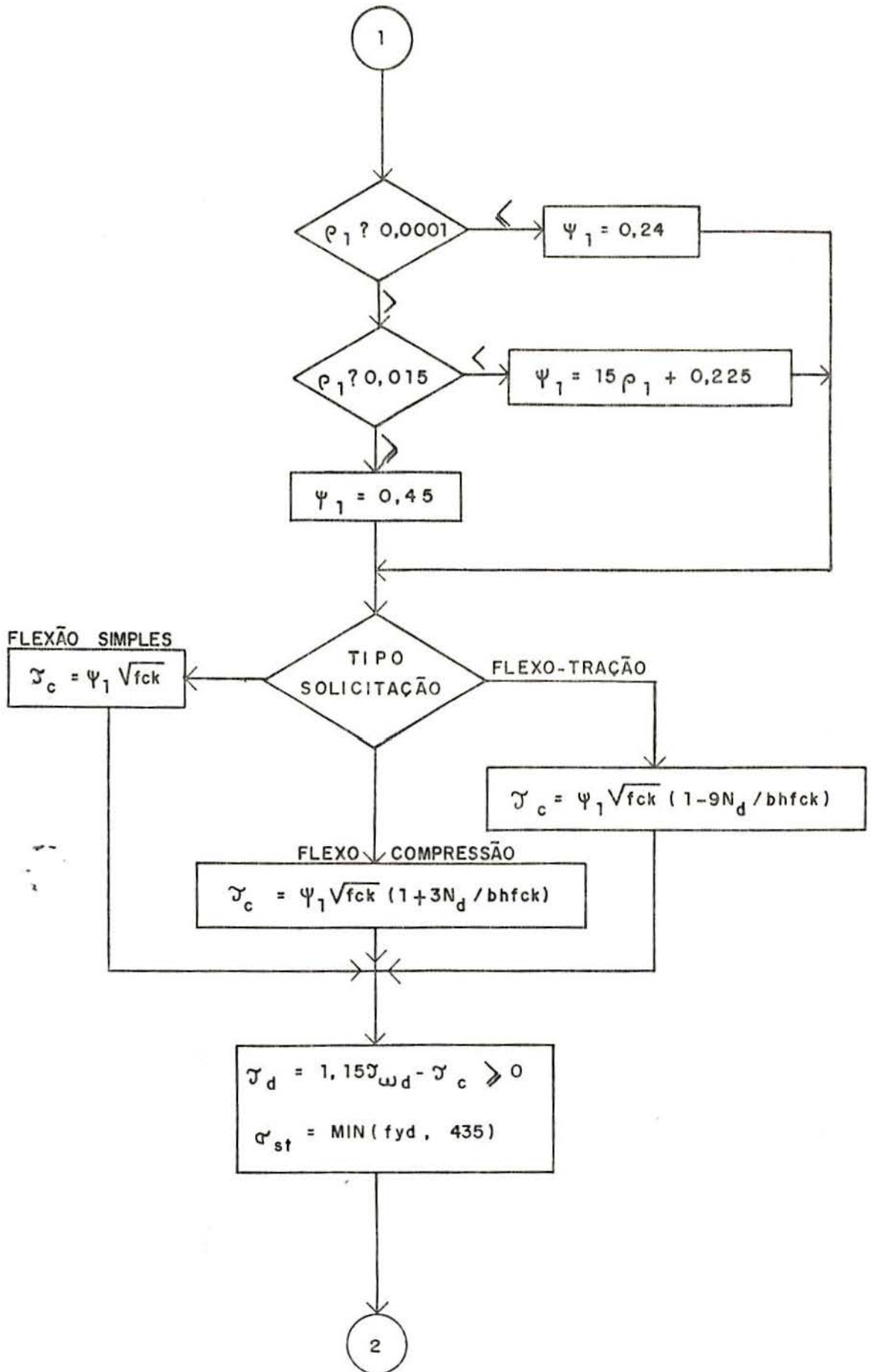


Figura 5.7 - Fluxograma : cisalhamento (2a. parte)

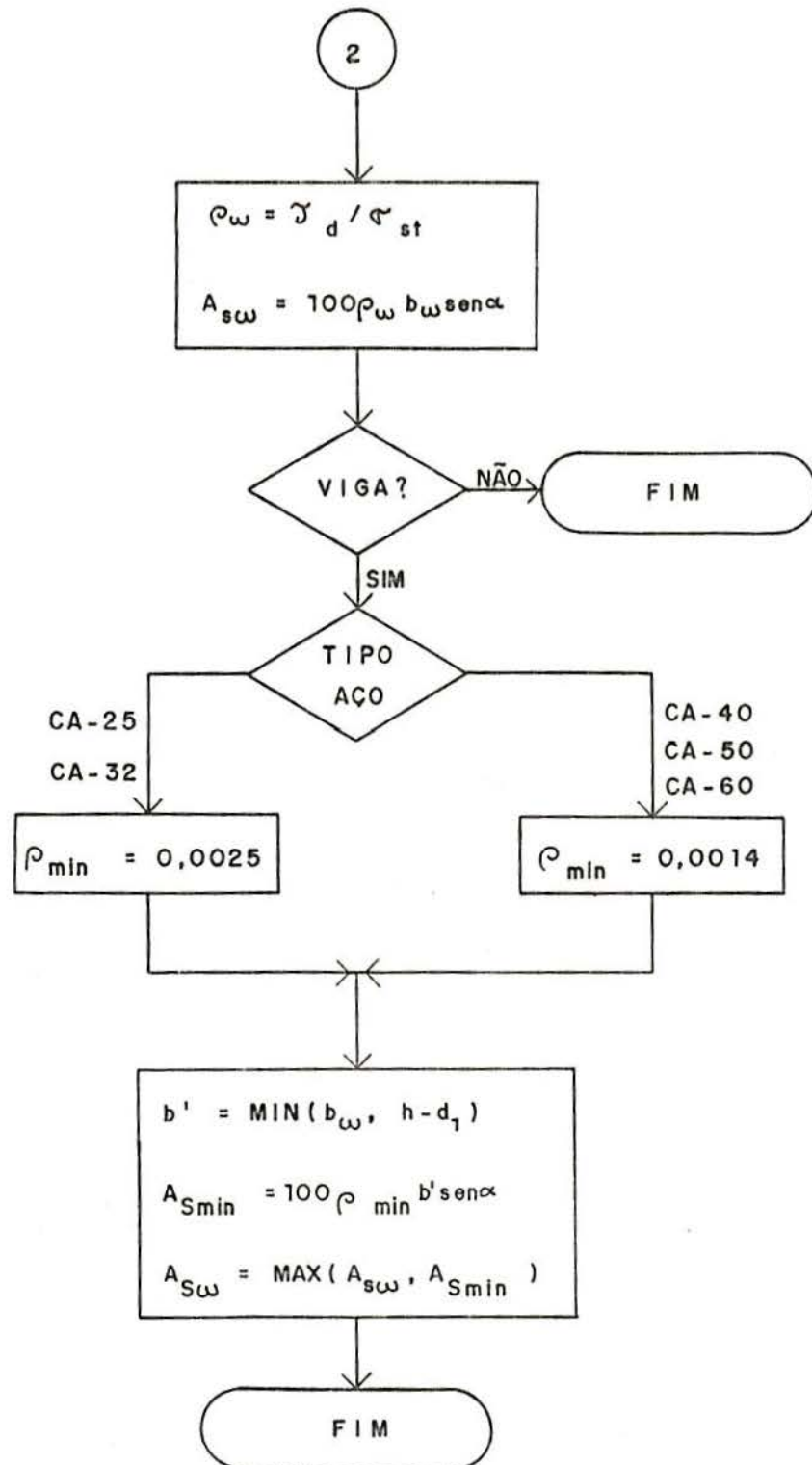


Figura 5.7 - Fluxograma : cisalhamento (3a. parte)

6. CONCLUSÕES

Com a implantação desta etapa, o sistema PROADE passa a ter uma abrangência bem maior relativamente à análise e projeto de edifícios de concreto armado.

Mesmo contendo ainda algumas restrições, ampliou-se em muito o espectro de solução do sistema através do desenvolvimento da Análise Secundária, haja visto que agora pode-se abordar a análise e dimensionamento das lajes que compõem o pavimento e das vigas que não fazem parte dos pórticos planos, ditas secundárias e terciárias.

Relativamente às lajes, agora pode-se resolver uma estrutura na qual em um bordo de uma laje incidam várias outras lajes e vigas, ter condições de contorno quaisquer, inclusive laje em balanço (tipo marquise), e várias formas de análise. Já as vigas, não pertencentes aos pórticos planos, poderão ser analisadas independentemente destes, podendo ser isoladas ou contínuas e sujeitas a qualquer tipo de carregamento e vinculação.

Com isto, o sistema PROADE apresenta a possibilidade de ser utilizado para a resolução automática de um pavimento isolado, formado por lajes e vigas. Este fato desobriga que, para a resolução da estrutura de um edifício, tenhamos que abordá-la através de pórticos planos e espaciais. Assim, o sistema da Análise Secundária passa a ser uma ferramenta imprescindível do sistema PROADE, tornando-o mais flexível e

completo.

Na elaboração deste trabalho, embora não fizessem parte da proposta inicial, foram parcialmente abordados alguns assuntos de especial importância para a completicidade futura do sistema. Em especial pode-se destacar o problema dos pilares isolados, não pertencentes aos pórticos planos, e das cargas extras atuantes nas lajes. A característica de ambos os assuntos foi a de terem toda a sua estrutura de dados específica (arranjos e variáveis) totalmente elaborada. Relativo aos pilares isolados, foram desenvolvidas rotinas de integração vigas-pilares, análise e dimensionamento, porém no seu conjunto, não foram totalmente implantadas. Quanto às cargas extras, pretende-se dotar o sistema da possibilidade de resolver lajes sujeitas à carregamentos pontuais e lineares. Neste caso ainda faltam o desenvolvimento das rotinas de análise, podendo estas serem elaboradas a partir dos métodos já implantados, Elementos Finitos e Linhas de Ruptura.

Dentre as restrições que o sistema ainda possui e que ficam como proposta para futuros desenvolvimentos podemos citar: possibilidade de abordar elementos estruturais não ortogonais ou mesmo de geometria curva; análise de elementos com outras formas de seção transversal, que não somente a retangular, já definidas porém ainda não implementadas; capacitar a análise de lajes de soluções para outras formas de carregamentos, também já definidos (pontual, linear, etc.), incluindo lajes com furo; e, ainda, dotar a Análise Secundária de procedimentos compatíveis com a análise de grelhas, necessárias e importantes em muitos casos práticos.

Por fim, cabe acrescentar que, apesar destas restrições, a abrangência atual não é limitada, podendo resolver muitos problemas que normalmente ocorrem nos escritórios de engenharia. O acréscimo de soluções específicas, só viriam a enriquecer o sistema computacional da Análise Secundária em particular e, conseqüentemente, o Sistema PROADE como um todo.

A P E N D I C E A

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Este exemplo de aplicação tem como objetivo principal demonstrar de que forma é obtida a solução de um ou vários pavimentos de um edifício de concreto armado. Como este trabalho de dissertação faz parte do Projeto PROADE, sendo esta a 3ª etapa a ser concluída, optou-se por dar continuidade ao exemplo geral descrito por Brodbeck [5], apresentando para este, com pequenas modificações quanto à concepção estrutural, as soluções propostas pela Análise Secundária.

Na descrição dos dados e do programa PROADE resultante foram utilizadas todas as potencialidades já existentes na Linguagem Orientada, sendo que, relativamente à análise e dimensionamento dos diversos elementos estruturais são apresentados os resultados obtidos pela Análise Secundária, de acordo com a atual fase de implantação.

O prédio a ser analisado por este exemplo é um edifício de quatorze pavimentos, sujeito a cargas verticais de peso próprio, carga acidental, 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 a serem descritos pelo programa PROADE são os seguintes :

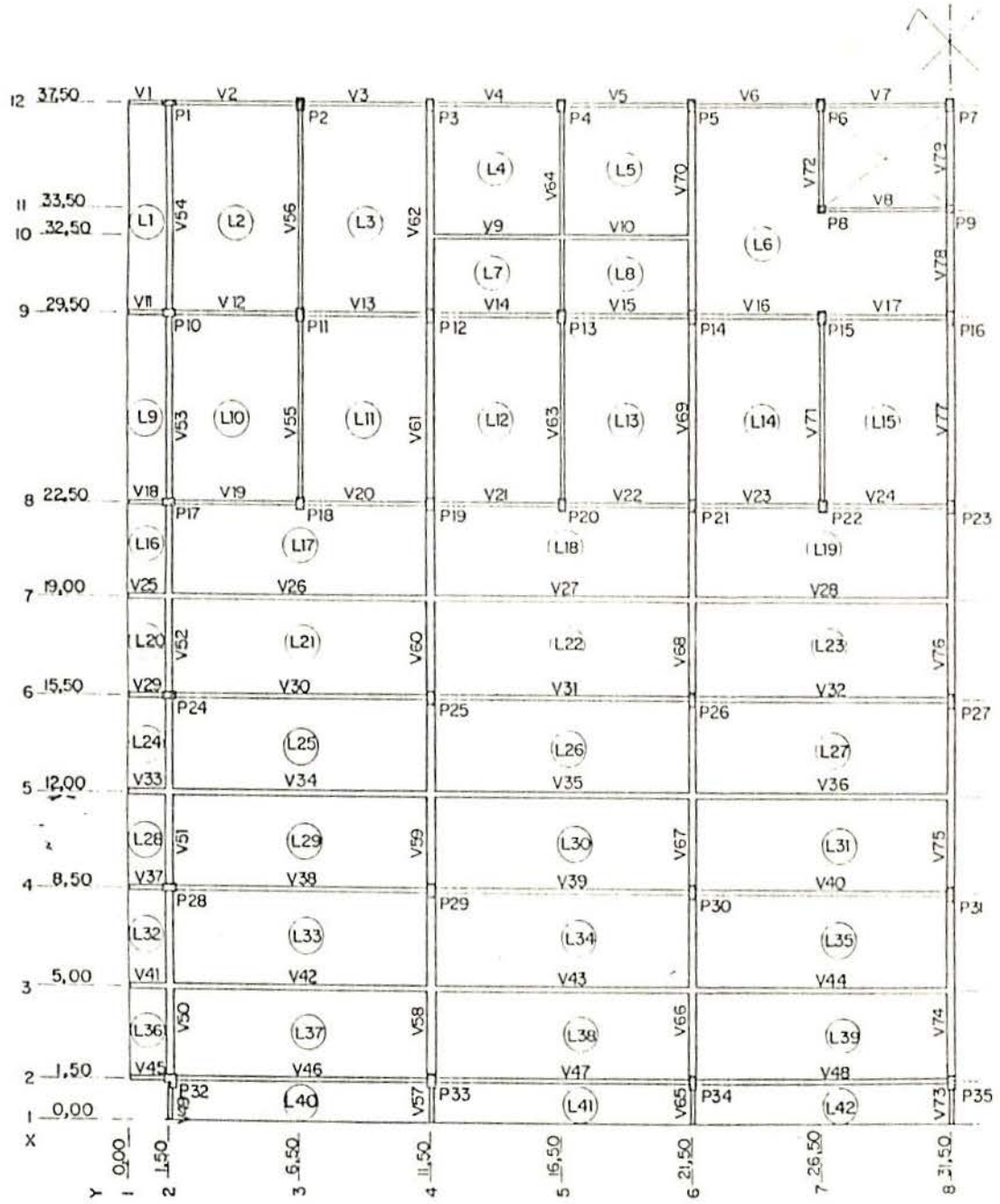


Figura A.1 - Classe de pisos 1
Sistema estrutural

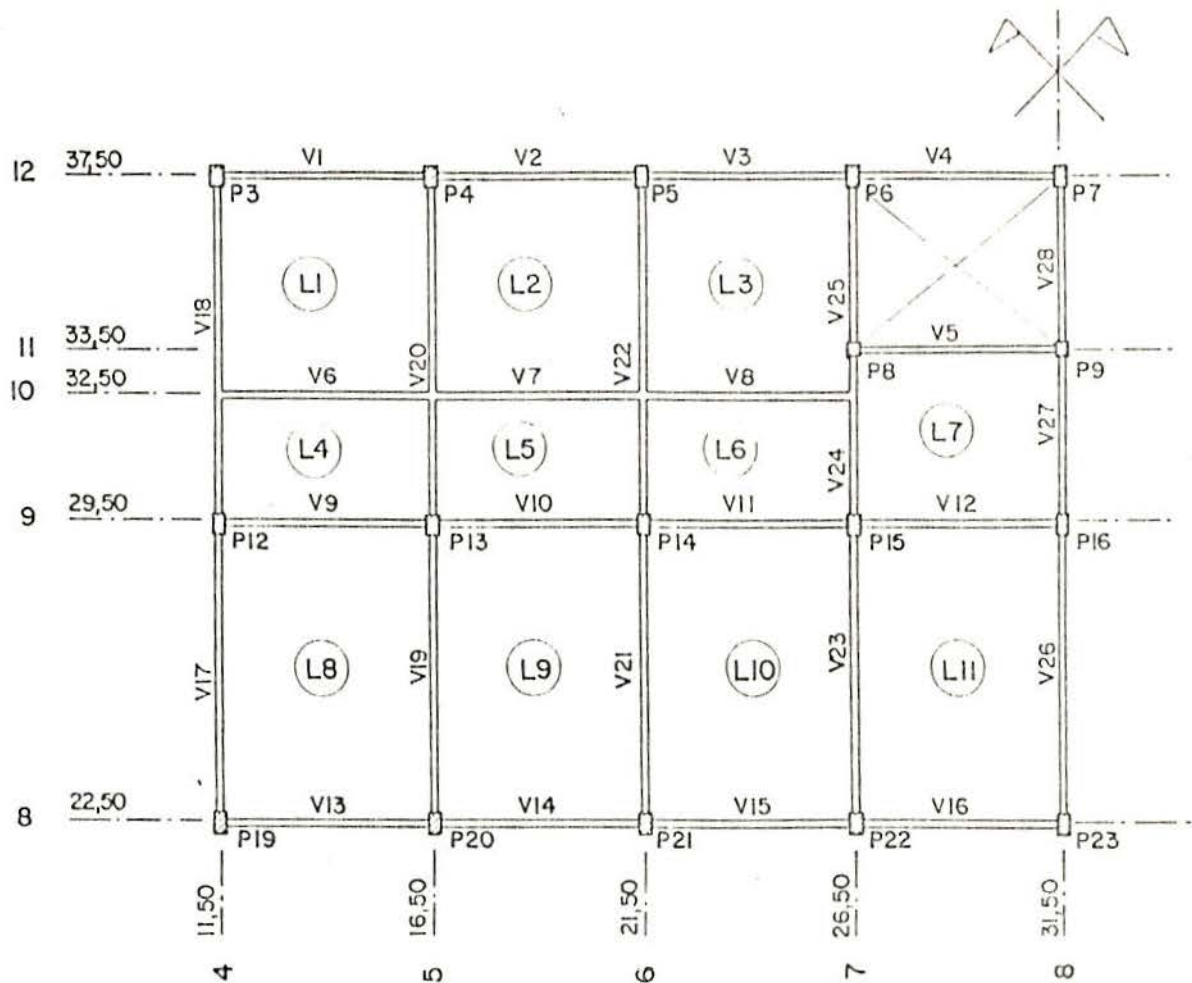


Figura A.2 - Classes de pisos 2 e 3
Sistema estrutural

a. limites do sistema

eixos X = 12

eixos Y = 8

pisos = 14

classes de pisos = 3

pilares = 35 por piso

vigas = 79 por classe de piso

lajes = 42 por classe de piso

vigas contínuas = 11 por classe de piso

classes de seções = 10

estados de cargas extras 1

b. unidades

São utilizadas as unidades-padrões do sistema:

metro (m), newton (N), megapascal (MPa), segundo (seg)

c. constantes dos materiais, geométricas, de carga e de cálculo
São empregadas as constantes-padrões, exceto as seguintes :

$F_{ck} = 18,3 \text{ MPa}$

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 :

| classe | tipo | parâmetros |
|--------|------------|---------------------------|
| 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 |
| 8 | retangular | 0,30 x 0,60 |
| 9 | L | 0,20 x 0,30 x 0,35 x 0,35 |
| 10 | retangular | 0,20 x 0,60 |

e. eixos

São definidos conforme a figura A.1, sendo primários os eixos X 1, 2, 12 e Y 1, 2, 8 e secundários 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 = 3,20 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 a 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

Exceptuando-se a laje 6 da classe de piso 1, que será calculada pelo Método de Elementos Finitos, para todas as demais 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
 viga contínua 2: 12, 13, 14, 15, 16, 17
 viga contínua 3: 19, 20, 21, 22, 23, 24
 viga contínua 4: 26, 27, 28
 viga contínua 5: 30, 31, 32
 viga contínua 6: 34, 35, 36
 viga contínua 7: 38, 39, 40
 viga contínua 8: 42, 43, 44
 viga contínua 9: 58, 59, 60, 61, 62
 viga contínua 10: 63, 64
 viga contínua 11: 66, 67, 68, 69, 70

classe de piso 2 e 3

viga contínua 1: 6, 7, 8
 viga contínua 2: 9, 10, 11, 12
 viga contínua 3: 13, 14, 15, 16
 viga contínua 4: 17, 18
 viga contínua 5: 19, 20
 viga contínua 6: 21, 22
 viga contínua 7: 23, 24, 25

k. propriedades dos pilares

As propriedades dos pilares são fornecidas por piso. E dada apenas a classe de SEÇÃO, permanecendo as demais iguais a zero.

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

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 e 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, 29, 33, 37, 41, 45, 49, 57,
65, 72, 73

SEÇÃO = 7, ALTURA = -0,25 m

para vigas 55, 56, 63, 64

SEÇÃO = 8, ALTURA = -0,30 m

para vigas 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 62,
66, 67, 68, 69, 70

SEÇÃO = 10, ALTURA = -0,30 m

para vigas 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 38,
39, 40, 42, 43, 44, 74, 75, 76, 77, 78,
79

classe de pisos 2 e 3

SEÇÃO = 6, ALTURA = -0,20 m

para vigas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,
13, 14, 15, 16

SEÇÃO = 7, ALTURA = -0,25 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,
considerou-se :

ESPESSURA = 0,12 m

n. fator ' s ' para pisos (rugosidade)

Para quando for considerada a ação do vento

| piso | fator s | piso | fator s |
|------|---------|------|---------|
| 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 piso 1

estado de sobrecarga 0

carga permanente = 0,70 k N/m²

carga acidental = 5,00 k N/m²

para lajes 1, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18,
21, 23, 24, 29, 31, 34, 37, 39, 40, 42

estado de sobrecarga 1

carga permanente = 0,70 k N/m²

carga acidental = 5,00 k N/m²

para lajes 2, 5, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 22,
25, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 38, 41, 43

classe de pisos 2

estado de sobrecarga 0

carga permanente = 0,50 k N/m²

carga acidental = 4,00 k N/m²

para lajes 1, 3, 5, 7, 8, 10

estado de sobrecarga 1

carga permanente = 0,50 k N/m²

carga acidental = 4,00 k N/m²

para lajes 2, 4, 6, 9, 11

classe de pisos 3
 estado de sobrecarga 0
 carga permanente = 1,00 k N/m²
 carga acidental = 4,00 k N/m²
 para lajes 1, 3, 5, 7, 8, 10
 estado de sobrecarga 1
 carga permanente = 1,00 k N/m²
 carga acidental = 4,00 k N/m²
 para lajes 2, 4, 6, 9, 11

p. cargas permanentes em vigas

classe de pisos 1
 carga = 10,0 k N/m, para vigas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
 carga = 1,2 k N/m, para todas as vigas exceto as acima

classe de pisos 2
 carga = 2,0 k N/m, para vigas 1, 2, 3, 13, 14, 15, 16
 carga = 6,3 k N/m, para vigas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
 12, 19, 20, 21, 22, 23,
 24, 25, 26, 27, 28
 carga = 11,0 k N/m, para vigas 4, 17, 18

q. cargas extras em vigas

classe de pisos 2
 estado de cargas extras 1
 carga CONCENTRADA 10,0 k N a 2,0 m do apoio esquerdo
 para vigas 25, 28

classe de pisos 3
 estado de cargas extras 1
 carga UNIFORME 30,0 k N/m, para vigas 4, 5, 25, 28

r. seções de cálculo

Em todas as vigas, de todas as classes de pisos, são empregadas 5 seções de cálculo, incluindo os apoios extremos.

A figura A.3 mostra o programa PROADE para o exemplo acima e os resultados obtidos pela análise secundária para cada classe de piso, na forma como foi processada pelo sistema.

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|------|-------|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|------|
| LAJE | -----> | 9 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 0.00 | MY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 9.65 | R2 | 12.96 | R3 | 9.65 | R4 | 5.52 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 10 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 8.46 | MY | 5.92 | M1 | -5.92 | M2 | -8.46 | M3 | -5.92 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 3.19 | ASY | 2.18 | AS1 | 2.18 | AS2 | 3.19 | AS3 | 2.18 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 12.39 | R2 | 14.94 | R3 | 12.39 | R4 | 10.56 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 11 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 7.62 | MY | 3.89 | M1 | -3.89 | M2 | -7.62 | M3 | -3.89 | M4 | -7.62 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 2.86 | ASY | 1.41 | AS1 | 1.41 | AS2 | 2.86 | AS3 | 1.41 | AS4 | 2.86 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 10.04 | R2 | 14.43 | R3 | 10.04 | R4 | 14.43 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 12 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 7.62 | MY | 3.89 | M1 | -3.89 | M2 | -7.62 | M3 | -3.89 | M4 | -7.62 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 2.86 | ASY | 1.41 | AS1 | 1.41 | AS2 | 2.86 | AS3 | 1.41 | AS4 | 2.86 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 10.04 | R2 | 14.43 | R3 | 10.04 | R4 | 14.43 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 13 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 7.62 | MY | 3.89 | M1 | -3.89 | M2 | -7.62 | M3 | -3.89 | M4 | -7.62 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 2.86 | ASY | 1.41 | AS1 | 1.41 | AS2 | 2.86 | AS3 | 1.41 | AS4 | 2.86 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 10.04 | R2 | 14.43 | R3 | 10.04 | R4 | 14.43 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 14 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 7.62 | MY | 3.89 | M1 | -3.89 | M2 | -7.62 | M3 | -3.89 | M4 | -7.62 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 2.86 | ASY | 1.41 | AS1 | 1.41 | AS2 | 2.86 | AS3 | 1.41 | AS4 | 2.86 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 10.04 | R2 | 14.43 | R3 | 10.04 | R4 | 14.43 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 15 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 8.46 | MY | 5.92 | M1 | -5.92 | M2 | 0.00 | M3 | -5.92 | M4 | -8.46 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 3.19 | ASY | 2.18 | AS1 | 2.18 | AS2 | 0.00 | AS3 | 2.18 | AS4 | 3.19 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 12.39 | R2 | 10.56 | R3 | 12.39 | R4 | 14.94 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 16 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 0.00 | MY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 12.39 | R2 | 12.96 | R3 | 12.39 | R4 | 14.94 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 17 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | XX | 0.00 | MY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRACURAS (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REACCES (KN/M) | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|------|
| LAJE | -----> | 18 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 19 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 20 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 0.00 | P1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 12.96 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 21 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 22 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 23 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 24 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 0.00 | P1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 12.96 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 25 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 26 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 27 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| POXENTOS | (KN/M) | MX | 0.00 | MY | 4.41 | P1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMACURAS | (CP2) | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| FEACCES | (KN/M) | | | | | F1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|----|-------|------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|------|-----|------|-----|------|
| LAJE | -----> | 28 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 12.96 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 29 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 30 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 31 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 32 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 12.96 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 33 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 34 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 35 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 4.41 | M1 | -8.82 | M2 | 0.00 | M3 | -8.82 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 1.60 | AS1 | 3.34 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.34 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 0.00 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 36 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 9.72 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.72 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 15.12 | R2 | 12.96 | R3 | 15.12 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| LAJE | -----> | 37 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS (KN.M) | | | HX | 0.00 | HY | 7.44 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | -13.23 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARRAÇAS (CM2) | | | ASX | 0.00 | ASY | 2.78 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 5.26 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | | | R1 | 11.34 | R2 | 0.00 | R3 | 18.90 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|--------|-----|------|-----|------|-----|------|--|
| LAJE | -----> | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 0.00 | MY | 7.44 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | -13.23 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 2.78 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 5.26 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | R1 | 18.90 | R2 | 0.00 | R3 | 11.34 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | -----> | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 0.00 | MY | 7.44 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | -13.23 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 2.78 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 5.26 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | R1 | 18.90 | R2 | 0.00 | R3 | 11.34 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | -----> | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 0.00 | MY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | 9.72 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.72 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | R1 | 18.90 | R2 | 0.00 | R3 | 12.96 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | -----> | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 0.00 | MY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | 9.72 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.72 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | R1 | 18.90 | R2 | 0.00 | R3 | 12.96 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | -----> | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 0.00 | MY | 0.00 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | 9.72 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 0.00 | ASY | 0.00 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 3.72 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | R1 | 18.90 | R2 | 0.00 | R3 | 12.96 | R4 | 0.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------|------|-----|--------|------|------|--------------------------|------|------|--------|-----|------|------|--------|-----|------|
| VICA -----> 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 22.69 | | AS | | 2.13 | | PONTOS DE MOMENTO NULO = | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.69 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.23 | | XB | | 0.84 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -54.43 | AS | 5.73 | AS* | 0.65 | VE | 57.25 | ASW | 3.97 | VD | 57.25 | ASW | 3.97 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 0.53 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 30.69 | ASW | 2.10 | VD | 30.69 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 22.29 | AS | 2.09 | AS* | 0.00 | VE | 4.12 | ASW | 2.10 | VD | 4.12 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 10.85 | AS | 0.97 | AS* | 0.00 | VE | -22.43 | ASW | 2.10 | VD | -22.43 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -33.79 | AS | 3.34 | AS* | 0.00 | VE | -48.99 | ASW | 3.44 | VD | -48.99 | ASW | 3.44 |
| VICA -----> 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 31.58 | | AS | | 3.13 | | PONTOS DE MOMENTO NULO = | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.42 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.73 | | XB | | 0.68 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -33.79 | AS | 3.34 | AS* | 0.00 | VE | 54.23 | ASW | 3.96 | VD | 54.23 | ASW | 3.96 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 16.53 | AS | 1.52 | AS* | 0.00 | VE | 26.28 | ASW | 2.10 | VD | 26.28 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 31.92 | AS | 3.12 | AS* | 0.00 | VE | -1.66 | ASW | 2.10 | VD | -1.66 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 12.36 | AS | 1.12 | AS* | 0.00 | VE | -29.61 | ASW | 2.10 | VD | -29.61 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -42.12 | AS | 4.34 | AS* | 0.00 | VE | -57.56 | ASW | 4.17 | VD | -57.56 | ASW | 4.17 |
| VICA -----> 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 31.19 | | AS | | 3.04 | | PONTOS DE MOMENTO NULO = | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.56 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.89 | | XB | | 0.76 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -42.12 | AS | 4.34 | AS* | 0.00 | VE | 57.27 | ASW | 4.14 | VD | 57.25 | ASW | 4.14 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 11.98 | AS | 1.08 | AS* | 0.00 | VE | 29.30 | ASW | 2.10 | VD | 29.30 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 31.15 | AS | 3.04 | AS* | 0.00 | VE | 1.35 | ASW | 2.10 | VD | 1.35 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 15.37 | AS | 1.40 | AS* | 0.00 | VE | -26.59 | ASW | 2.10 | VD | -26.59 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -35.33 | AS | 3.51 | AS* | 0.00 | VE | -54.54 | ASW | 3.97 | VD | -54.54 | ASW | 3.97 |
| VICA -----> 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 25.05 | | AS | | 2.38 | | PONTOS DE MOMENTO NULO = | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.35 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.83 | | XB | | 1.12 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -35.33 | AS | 3.51 | AS* | 0.00 | VE | 51.20 | ASW | 3.64 | VD | 51.20 | ASW | 3.64 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 11.71 | AS | 1.05 | AS* | 0.00 | VE | 24.06 | ASW | 2.10 | VD | 24.06 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 24.83 | AS | 2.36 | AS* | 0.00 | VE | -3.07 | ASW | 2.10 | VD | -3.07 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 4.04 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -30.20 | ASW | 2.10 | VD | -30.20 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -50.68 | AS | 5.37 | AS* | 0.26 | VE | -57.34 | ASW | 4.02 | VD | -57.34 | ASW | 4.02 |
| VICA -----> 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 51.58 | | AS | | 5.49 | | PONTOS DE MOMENTO NULO = | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.52 | | AS* | | 0.39 | | XA | | 0.84 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -50.68 | AS | 5.37 | AS* | 0.26 | VE | 70.28 | ASW | 5.32 | VD | 70.28 | ASW | 5.32 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 18.38 | AS | 1.70 | AS* | 0.00 | VE | 40.21 | ASW | 2.76 | VD | 40.21 | ASW | 2.76 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 49.84 | AS | 5.29 | AS* | 0.17 | VE | 10.13 | ASW | 2.10 | VD | 10.13 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 43.72 | AS | 4.54 | AS* | 0.00 | VE | -19.93 | ASW | 2.10 | VD | -19.93 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -50.01 | ASW | 3.89 | VD | -50.01 | ASW | 3.89 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------|------|-----|--------|------|------|--------------------------|------|------|--------|-----|------|------|--------|-----|------|
| VICA -----> 18 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 19 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 62.48 | | AS | | 6.49 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.08 | | AS* | | 1.49 | | XA | | 0.04 | | XB | | 0.88 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 62.86 | ASW | 5.13 | VD | 62.86 | ASW | 5.13 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 52.00 | AS | 5.50 | AS* | 0.40 | VE | 25.14 | ASW | 2.10 | VD | 25.14 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 59.85 | AS | 6.24 | AS* | 1.22 | VE | -12.58 | ASW | 2.10 | VD | -12.58 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 20.55 | AS | 1.92 | AS* | 0.00 | VE | -50.30 | ASW | 3.80 | VD | -50.30 | ASW | 3.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -65.91 | AS | 6.91 | AS* | 1.85 | VE | -88.03 | ASW | 6.97 | VD | -88.03 | ASW | 6.97 |
| VICA -----> 20 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 32.06 | | AS | | 3.14 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.65 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.13 | | XB | | 0.82 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -65.91 | AS | 6.91 | AS* | 1.85 | VE | 73.84 | ASW | 5.49 | VD | 73.84 | ASW | 5.49 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 4.65 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 39.05 | ASW | 2.75 | VD | 39.05 | ASW | 2.75 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 31.73 | AS | 3.10 | AS* | 0.00 | VE | 4.27 | ASW | 2.10 | VD | 4.27 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 15.32 | AS | 1.40 | AS* | 0.00 | VE | -30.51 | ASW | 2.10 | VD | -30.51 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -44.56 | AS | 4.65 | AS* | 0.00 | VE | -65.30 | ASW | 4.91 | VD | -65.30 | ASW | 4.91 |
| VICA -----> 21 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 38.94 | | AS | | 3.94 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.44 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.77 | | XB | | 0.87 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -44.56 | AS | 4.65 | AS* | 0.00 | VE | 68.17 | ASW | 5.19 | VD | 68.17 | ASW | 5.19 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 18.91 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 33.38 | ASW | 2.10 | VD | 33.38 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 38.90 | AS | 3.94 | AS* | 0.00 | VE | -1.40 | ASW | 2.10 | VD | -1.40 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 15.41 | AS | 1.41 | AS* | 0.00 | VE | -36.18 | ASW | 2.40 | VD | -36.19 | ASW | 2.40 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -51.56 | AS | 5.45 | AS* | 0.35 | VE | -70.97 | ASW | 5.37 | VD | -70.97 | ASW | 5.37 |
| VICA -----> 22 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 38.77 | | AS | | 3.92 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.54 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.87 | | XB | | 0.78 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -51.56 | AS | 5.45 | AS* | 0.35 | VE | 70.90 | ASW | 5.37 | VD | 70.90 | ASW | 5.37 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 15.33 | AS | 1.40 | AS* | 0.00 | VE | 36.11 | ASW | 2.39 | VD | 36.11 | ASW | 2.39 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 38.73 | AS | 3.92 | AS* | 0.00 | VE | 1.33 | ASW | 2.10 | VD | 1.33 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 18.66 | AS | 1.73 | AS* | 0.00 | VE | -33.45 | ASW | 2.10 | VD | -33.45 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -44.90 | AS | 4.69 | AS* | 0.00 | VE | -68.24 | ASW | 5.20 | VD | -68.24 | ASW | 5.20 |
| VICA -----> 23 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 32.52 | | AS | | 3.19 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.35 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.83 | | XB | | 1.11 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -44.00 | AS | 4.69 | AS* | 0.00 | VE | 65.64 | ASW | 4.94 | VD | 65.64 | ASW | 4.94 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 15.41 | AS | 1.41 | AS* | 0.00 | VE | 30.85 | ASW | 2.10 | VD | 30.85 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 32.24 | AS | 3.16 | AS* | 0.00 | VE | -3.93 | ASW | 2.10 | VD | -3.93 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 5.58 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -38.71 | ASW | 2.72 | VD | -38.71 | ASW | 2.72 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -64.55 | AS | 6.68 | AS* | 1.70 | VE | -73.50 | ASW | 5.47 | VD | -73.50 | ASW | 5.47 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-----------|----|---------|----|-------|-----|--------------------------|----|---------|-----|-------|----|---------|-----|-------|
| VICA -----> 24 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 64.79 | | AS | | 6.71 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.92 | | AS* | | 1.73 | | XA | | 0.85 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -64.55 | AS | 6.68 | AS* | 1.70 | VE | 88.36 | ASW | 6.96 | VD | 83.36 | ASW | 6.96 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.25 | MS | 22.32 | AS | 2.10 | AS* | 0.00 | VE | 50.63 | ASW | 3.76 | VD | 50.63 | ASW | 3.76 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 2.50 | MS | 62.03 | AS | 6.45 | AS* | 1.44 | VE | 12.91 | ASW | 2.10 | VD | 12.91 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 3.75 | MS | 54.59 | AS | 5.74 | AS* | 0.67 | VE | -24.81 | ASW | 2.10 | VD | -24.81 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -62.54 | ASW | 5.14 | VD | -62.54 | ASW | 5.14 |
| VICA -----> 25 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 26 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 294.16 | | AS | | 19.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 4.15 | | AS* | | 9.12 | | XA | | 0.02 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.70 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -3.00 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | 142.94 | ASW | 7.75 | VD | 142.94 | ASW | 7.75 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 246.92 | AS | 16.18 | AS* | 6.08 | VE | 56.99 | ASW | 2.80 | VD | 56.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 281.96 | AS | 18.27 | AS* | 8.33 | VE | -28.95 | ASW | 2.80 | VD | -28.95 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 102.13 | AS | 6.50 | AS* | 0.00 | VE | -114.90 | ASW | 5.56 | VD | -114.90 | ASW | 5.56 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | -200.85 | ASW | 10.29 | VD | -200.85 | ASW | 10.29 |
| VICA -----> 27 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 138.03 | | AS | | 9.30 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 5.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.17 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 2.16 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | 172.07 | ASW | 8.40 | VD | 172.07 | ASW | 8.40 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 30.16 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 86.12 | ASW | 4.06 | VD | 86.12 | ASW | 4.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 138.03 | AS | 9.30 | AS* | 0.00 | VE | 0.17 | ASW | 2.80 | VD | 0.17 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 31.01 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | -85.78 | ASW | 4.03 | VD | -85.78 | ASW | 4.03 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | -290.87 | AS | 18.90 | AS* | 8.91 | VE | -171.73 | ASW | 8.37 | VD | -171.73 | ASW | 8.37 |
| VICA -----> 28 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 296.61 | | AS | | 19.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 5.84 | | AS* | | 9.28 | | XA | | 1.69 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | 200.98 | ASW | 10.27 | VD | 200.98 | ASW | 10.27 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 104.16 | AS | 6.65 | AS* | 0.00 | VE | 115.03 | ASW | 5.54 | VD | 115.03 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 284.31 | AS | 18.41 | AS* | 9.48 | VE | 29.08 | ASW | 2.80 | VD | 29.08 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 249.59 | AS | 16.34 | AS* | 6.25 | VE | -56.86 | ASW | 2.80 | VD | -56.86 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -142.81 | ASW | 7.79 | VD | -142.81 | ASW | 7.79 |
| VICA -----> 29 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------|-------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|------|----|---------|-----|-------|----|---------|-----|-------|
| VICA -----> 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 294.16 | | AS | | 19.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 0.02 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 4.15 | | AS* | | 9.12 | | | | | | XB | 1.70 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -3.00 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | 142.94 | ASW | 7.75 | VD | 142.94 | ASW | 7.75 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 246.92 | AS | 16.13 | AS* | 6.08 | VE | 56.99 | ASW | 2.80 | VD | 56.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 281.96 | AS | 18.27 | AS* | 8.33 | VE | -28.95 | ASW | 2.80 | VD | -28.95 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 102.13 | AS | 6.50 | AS* | 0.00 | VE | -114.90 | ASW | 5.56 | VD | -114.90 | ASW | 5.56 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | -200.85 | ASW | 10.29 | VD | -200.85 | ASW | 10.29 |
| VICA -----> 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 138.03 | | AS | | 9.30 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 2.17 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 5.00 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | 2.16 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | 172.07 | ASW | 8.40 | VD | 172.07 | ASW | 8.40 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 30.16 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 86.12 | ASW | 4.06 | VD | 86.12 | ASW | 4.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 138.03 | AS | 9.30 | AS* | 0.00 | VE | 0.17 | ASW | 2.80 | VD | 0.17 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 31.01 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | -85.78 | ASW | 4.03 | VD | -85.78 | ASW | 4.03 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | -171.73 | ASW | 8.37 | VD | -171.73 | ASW | 8.37 |
| VICA -----> 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 296.61 | | AS | | 19.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 1.69 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 5.84 | | AS* | | 9.28 | | | | | | XB | 0.00 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | 200.98 | ASW | 10.27 | VD | 200.98 | ASW | 10.27 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 104.16 | AS | 6.65 | AS* | 0.00 | VE | 115.03 | ASW | 5.54 | VD | 115.03 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 284.31 | AS | 18.41 | AS* | 8.48 | VE | 29.08 | ASW | 2.80 | VD | 29.08 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 249.59 | AS | 16.54 | AS* | 6.25 | VE | -56.86 | ASW | 2.80 | VD | -56.86 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -142.81 | ASW | 7.79 | VD | -142.81 | ASW | 7.79 |
| VICA -----> 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 0.00 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | 0.00 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 0.38 | MS | -0.12 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 294.16 | | AS | | 19.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 0.02 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 4.15 | | AS* | | 9.12 | | | | | | XB | 1.70 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -3.00 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | 142.94 | ASW | 7.75 | VD | 142.94 | ASW | 7.75 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 246.92 | AS | 16.18 | AS* | 6.08 | VE | 56.99 | ASW | 2.80 | VD | 56.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 281.96 | AS | 18.27 | AS* | 8.33 | VE | -28.95 | ASW | 2.80 | VD | -28.95 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 102.13 | AS | 6.50 | AS* | 0.00 | VE | -114.90 | ASW | 5.56 | VD | -114.90 | ASW | 5.56 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | -200.85 | ASW | 10.29 | VD | -200.85 | ASW | 10.29 |
| VICA -----> 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 138.03 | | AS | | 9.30 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | 2.17 | | | | |
| PCATE MOP. MAX | | 5.00 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | 2.16 | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | 172.07 | ASW | 8.40 | VD | 172.07 | ASW | 8.40 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 30.16 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 86.12 | ASW | 4.06 | VD | 86.12 | ASW | 4.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 138.03 | AS | 9.30 | AS* | 0.00 | VE | 0.17 | ASW | 2.80 | VD | 0.17 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 31.01 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | -85.78 | ASW | 4.03 | VD | -85.78 | ASW | 4.03 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | -171.73 | ASW | 8.37 | VD | -171.73 | ASW | 8.37 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------|-------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|------|------|---------|-----|-------|------|---------|-----|-------|
| VICA -----> 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 296.61 | | AS | | 19.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 5.84 | | AS* | | 9.28 | | XA | | 1.69 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -290.87 | AS | 18.30 | AS* | 8.91 | VE | 200.98 | ASW | 10.27 | VD | 200.98 | ASW | 10.27 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 104.16 | AS | 6.65 | AS* | 0.00 | VE | 115.03 | ASW | 5.54 | VD | 115.03 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 284.31 | AS | 18.41 | AS* | 8.48 | VE | 29.08 | ASW | 2.80 | VD | 29.08 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 249.59 | AS | 16.34 | AS* | 6.25 | VE | -56.86 | ASW | 2.80 | VD | -56.86 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -142.81 | ASW | 7.79 | VD | -142.81 | ASW | 7.79 |
| VICA -----> 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 294.16 | | AS | | 19.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 4.15 | | AS* | | 9.12 | | XA | | 0.02 | | XB | | 1.70 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -3.00 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | 142.94 | ASW | 7.75 | VD | 142.94 | ASW | 7.75 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 246.92 | AS | 16.18 | AS* | 6.00 | VE | 56.99 | ASW | 2.80 | VD | 56.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 281.96 | AS | 18.27 | AS* | 8.33 | VE | -28.95 | ASW | 2.80 | VD | -28.95 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 102.13 | AS | 6.50 | AS* | 0.00 | VE | -114.90 | ASW | 5.56 | VD | -114.90 | ASW | 5.56 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | -200.85 | ASW | 10.29 | VD | -200.85 | ASW | 10.29 |
| VICA -----> 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 138.03 | | AS | | 9.30 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 5.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.17 | | XB | | 2.16 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | 172.07 | ASW | 8.40 | VD | 172.07 | ASW | 8.40 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 30.16 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 86.12 | ASW | 4.06 | VD | 86.12 | ASW | 4.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 138.03 | AS | 9.30 | AS* | 0.00 | VE | 0.17 | ASW | 2.80 | VD | 0.17 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 31.01 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | -85.78 | ASW | 4.03 | VD | -85.78 | ASW | 4.03 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | -171.73 | ASW | 8.37 | VD | -171.73 | ASW | 8.37 |
| VICA -----> 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 296.61 | | AS | | 19.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 5.84 | | AS* | | 9.28 | | XA | | 1.69 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | 200.98 | ASW | 10.27 | VD | 200.98 | ASW | 10.27 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.50 | MS | 104.16 | AS | 6.65 | AS* | 0.00 | VE | 115.03 | ASW | 5.54 | VD | 115.03 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 5.00 | MS | 284.31 | AS | 18.41 | AS* | 8.48 | VE | 29.08 | ASW | 2.80 | VD | 29.08 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 7.50 | MS | 249.59 | AS | 16.34 | AS* | 6.25 | VE | -56.86 | ASW | 2.80 | VD | -56.86 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 10.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -142.81 | ASW | 7.79 | VD | -142.81 | ASW | 7.79 |
| VICA -----> 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOY. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-----------|----|---------|----|-------|-----|--------------------------|----|---------|-----|-------|----|---------|-----|-------|
| VICA -----> 42 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 294.16 | | AS | | 19.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 4.15 | | AS* | | 9.12 | | XA | | 0.02 | | XB | | 1.70 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -3.00 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | 142.94 | ASW | 7.75 | VD | 142.94 | ASW | 7.75 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 246.92 | AS | 16.18 | AS* | 6.08 | VE | 56.99 | ASW | 2.80 | VD | 56.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 283.96 | AS | 18.27 | AS* | 8.33 | VE | -28.95 | ASW | 2.80 | VD | -28.95 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 102.13 | AS | 6.50 | AS* | 0.00 | VE | -114.90 | ASW | 5.56 | VD | -114.90 | ASW | 5.56 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | -200.85 | ASW | 10.29 | VD | -200.85 | ASW | 10.29 |
| VICA -----> 43 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 138.03 | | AS | | 9.30 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 5.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.17 | | XB | | 2.16 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -292.57 | AS | 18.90 | AS* | 9.01 | VE | 172.07 | ASW | 8.40 | VD | 172.07 | ASW | 8.40 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 30.16 | AS | 1.75 | AS* | 0.00 | VE | 86.12 | ASW | 4.06 | VD | 86.12 | ASW | 4.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 138.03 | AS | 9.30 | AS* | 0.00 | VE | 0.17 | ASW | 2.80 | VD | 0.17 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 31.01 | AS | 1.80 | AS* | 0.00 | VE | -85.78 | ASW | 4.03 | VD | -85.78 | ASW | 4.03 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | -171.73 | ASW | 8.37 | VD | -171.73 | ASW | 8.37 |
| VICA -----> 44 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 296.61 | | AS | | 19.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 5.84 | | AS* | | 9.28 | | XA | | 1.69 | | XB | | 0.00 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -290.87 | AS | 18.80 | AS* | 8.91 | VE | 200.98 | ASW | 10.27 | VD | 200.98 | ASW | 10.27 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.50 | MS | 104.16 | AS | 6.65 | AS* | 0.00 | VE | 115.03 | ASW | 5.54 | VD | 115.03 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.00 | MS | 284.31 | AS | 18.41 | AS* | 8.48 | VE | 29.08 | ASW | 2.80 | VD | 29.08 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 249.59 | AS | 16.34 | AS* | 6.25 | VE | -56.86 | ASW | 2.80 | VD | -56.86 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 10.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -142.81 | ASW | 7.79 | VD | -142.81 | ASW | 7.79 |
| VICA -----> 55 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 130.09 | | AS | | 10.06 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.75 | | AS* | | 2.10 | | XA | | 0.00 | | XB | | 1.48 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 94.40 | ASW | 5.95 | VD | 94.40 | ASW | 5.95 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 112.75 | AS | 9.36 | AS* | 0.72 | VE | 34.46 | ASW | 2.80 | VD | 34.46 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 120.62 | AS | 5.94 | AS* | 1.35 | VE | -25.47 | ASW | 2.80 | VD | -25.47 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 5.25 | MS | 23.60 | AS | 1.67 | AS* | 0.00 | VE | -85.41 | ASW | 5.17 | VD | -85.41 | ASW | 5.17 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 7.00 | MS | -178.31 | AS | 14.16 | AS* | 5.94 | VE | -145.34 | ASW | 8.67 | VD | -145.34 | ASW | 8.67 |
| VICA -----> 56 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 130.09 | | AS | | 10.63 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 4.24 | | AS* | | 2.10 | | XA | | 1.48 | | XB | | 0.00 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -178.31 | AS | 14.16 | AS* | 5.94 | VE | 145.34 | ASW | 8.67 | VD | 145.34 | ASW | 8.67 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 23.60 | AS | 1.67 | AS* | 0.00 | VE | 85.41 | ASW | 5.17 | VD | 85.41 | ASW | 5.17 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 2.10 | MS | 0.75 | AS | -0.77 | AS* | 0.90 | VE | 0.00 | ASW | -2.03 | VD | 2.10 | ASW | -2.03 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 2.10 | MS | 1.13 | AS | -1.73 | AS* | 0.90 | VE | 0.00 | ASW | 5.25 | VD | 112.75 | ASW | 9.36 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 0.72 | MS | -34.46 | AS | 2.80 | AS* | -34.46 | VE | 2.80 | ASW | 7.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| VICA -----> 57 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------|------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|-------|------|---------|-----|-------|------|---------|-----|-------|
| VICA -----> 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 500.88 | | AS | | 32.06 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.50 | | AS* | | 17.52 | | XA | | 0.02 | | XB | | 1.45 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -3.00 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 153.78 | ASW | 7.68 | VD | 153.78 | ASW | 7.68 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 257.53 | AS | 17.55 | AS* | 1.86 | VE | 143.96 | ASW | 5.84 | VD | 143.96 | ASW | 5.84 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 500.88 | AS | 32.06 | AS* | 17.52 | VE | 134.14 | ASW | 4.54 | VD | -233.78 | ASW | 11.69 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 74.42 | AS | 4.43 | AS* | 0.00 | VE | -248.59 | ASW | 14.17 | VD | -248.59 | ASW | 14.17 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -369.21 | AS | 24.21 | AS* | 9.04 | VE | -258.41 | ASW | 14.36 | VD | -258.41 | ASW | 14.36 |
| VICA -----> 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 350.30 | | AS | | 23.08 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.50 | | AS* | | 7.83 | | XA | | 1.75 | | XB | | 1.58 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -369.21 | AS | 24.21 | AS* | 9.04 | VE | 215.39 | ASW | 9.94 | VD | 215.39 | ASW | 9.94 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | -0.86 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 205.57 | ASW | 11.05 | VD | 205.57 | ASW | 11.05 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 350.30 | AS | 23.08 | AS* | 7.73 | VE | 195.75 | ASW | 8.75 | VD | -177.17 | ASW | 7.55 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 31.66 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | -185.99 | ASW | 9.84 | VD | -185.99 | ASW | 9.84 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -304.16 | AS | 20.33 | AS* | 4.86 | VE | -196.80 | ASW | 9.05 | VD | -196.80 | ASW | 9.05 |
| VICA -----> 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 437.33 | | AS | | 28.27 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.50 | | AS* | | 13.43 | | XA | | 1.39 | | XB | | 1.04 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -304.16 | AS | 20.33 | AS* | 4.86 | VE | 221.67 | ASW | 10.66 | VD | 221.67 | ASW | 10.66 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 75.17 | AS | 4.48 | AS* | 0.00 | VE | 211.85 | ASW | 11.31 | VD | 211.85 | ASW | 11.31 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 437.33 | AS | 28.27 | AS* | 13.43 | VE | 202.03 | ASW | 8.95 | VD | -170.89 | ASW | 6.93 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 129.69 | AS | 8.08 | AS* | 0.00 | VE | -180.70 | ASW | 9.00 | VD | -180.70 | ASW | 9.00 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -195.14 | AS | 12.98 | AS* | 0.00 | VE | -190.53 | ASW | 9.24 | VD | -190.52 | ASW | 9.24 |
| VICA -----> 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 29.72 | | AS | | 2.70 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.77 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.40 | | XB | | 1.85 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -195.14 | AS | 12.98 | AS* | 0.00 | VE | 119.07 | ASW | 4.59 | VD | 119.07 | ASW | 4.59 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | -35.03 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 63.90 | ASW | 4.20 | VD | 63.90 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 28.51 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 8.72 | ASW | 4.20 | VD | 8.72 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -4.49 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | -46.45 | ASW | 4.20 | VD | -46.45 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -134.07 | AS | 8.39 | AS* | 0.00 | VE | -101.63 | ASW | 4.20 | VD | -101.63 | ASW | 4.20 |
| VICA -----> 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 184.09 | | AS | | 12.10 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.62 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.04 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -134.07 | AS | 8.39 | AS* | 0.00 | VE | 141.82 | ASW | 6.44 | VD | 141.82 | ASW | 6.44 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 75.49 | AS | 4.50 | AS* | 0.00 | VE | 97.67 | ASW | 4.20 | VD | 97.67 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 184.09 | AS | 12.08 | AS* | 0.00 | VE | 3.88 | ASW | 4.20 | VD | 3.88 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 141.29 | AS | 8.90 | AS* | 0.00 | VE | -52.53 | ASW | 4.20 | VD | -52.53 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -108.95 | ASW | 4.85 | VD | -108.95 | ASW | 4.85 |
| VICA -----> 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 102.83 | | AS | | 8.61 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.51 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 1.96 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 81.76 | ASW | 4.96 | VD | 81.76 | ASW | 4.96 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 93.31 | AS | 7.62 | AS* | 0.00 | VE | 24.87 | ASW | 2.80 | VD | 24.87 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 87.06 | AS | 7.00 | AS* | 0.00 | VE | -32.01 | ASW | 2.80 | VD | -32.01 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -18.74 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | -88.90 | ASW | 5.46 | VD | -88.90 | ASW | 5.46 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -224.12 | AS | 17.51 | AS* | 9.58 | VE | -145.80 | ASW | 8.71 | VD | -145.80 | ASW | 8.71 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|----------|----|---------|----|--------|-----|--------------------------|----|---------|-----|--------|----|---------|-----|--------|
| VIGA -----> 64 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 251.63 | | AS | | 19.53 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCATC MCP. MAX | | 3.00 | | AS* | | 11.77 | | XA | | 1.31 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -224.12 | AS | 17.51 | AS* | 9.58 | VE | 180.62 | ASW | 11.45 | VD | 180.62 | ASW | 11.45 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 69.47 | AS | 5.36 | AS* | 0.00 | VE | 154.91 | ASW | 10.28 | VD | 154.91 | ASW | 10.28 |
| SFCAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 245.00 | AS | 19.06 | AS* | 11.27 | VE | -19.84 | ASW | 2.80 | VD | -19.84 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 5.25 | MS | 166.61 | AS | 13.31 | AS* | 5.01 | VE | -70.08 | ASW | 8.82 | VD | -70.08 | ASW | 8.82 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 7.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -120.32 | ASW | 7.99 | VD | -120.32 | ASW | 7.99 |
| VIGA -----> 65 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 0.00 | | AS | | 0.00 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCATC MCP. MAX | | 0.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | 0.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 0.38 | MS | -0.19 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.01 | ASW | 2.10 | VD | -1.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 0.75 | MS | -0.77 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -2.03 | ASW | 2.10 | VD | -2.03 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 1.13 | MS | -1.73 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -3.04 | ASW | 2.10 | VD | -3.04 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 1.50 | MS | -3.00 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -4.01 | ASW | 2.10 | VD | -4.01 | ASW | 2.10 |
| VIGA -----> 66 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 500.37 | | AS | | 32.03 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCATC MCP. MAX | | 3.50 | | AS* | | 17.48 | | XA | | 0.01 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.45 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -3.00 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 153.00 | ASW | 63.00 | VD | 7.67 | ASW | 153.63 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.67 | MS | 1.75 | AS | 257.27 | AS* | 17.53 | VE | 1.84 | ASW | 143.82 | VD | 5.83 | ASW | 143.82 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 5.33 | MS | 3.50 | AS | 500.37 | AS* | 32.03 | VE | 17.48 | ASW | 134.00 | VD | 4.53 | ASW | ***** |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.50 | MS | 5.25 | AS | 74.02 | AS* | 4.40 | VE | 0.00 | ASW | ***** | VD | 8.82 | ASW | ***** |
| SECAC | ** 5 ** | X = 8.82 | MS | 7.00 | AS | ***** | AS* | 24.22 | VE | 9.06 | ASW | ***** | VD | 11.11 | ASW | ***** |
| VIGA -----> 67 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 350.81 | | AS | | 23.11 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCATC MCP. MAX | | 3.50 | | AS* | | 7.86 | | XA | | 1.75 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.57 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -369.50 | AS | 24.22 | AS* | 5.06 | VE | 215.62 | ASW | 9.95 | VD | 215.62 | ASW | 9.95 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | -0.75 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 205.80 | ASW | 11.06 | VD | 205.80 | ASW | 11.06 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 350.81 | AS | 23.11 | AS* | 7.86 | VE | 195.00 | ASW | 98.00 | VD | 8.77 | ASW | ***** |
| SECAC | ** 4 ** | X = 7.52 | MS | 5.25 | AS | 32.94 | AS* | 2.70 | VE | 0.00 | ASW | ***** | VD | 8.81 | ASW | ***** |
| SECAC | ** 5 ** | X = 8.81 | MS | 7.00 | AS | ***** | AS* | 20.21 | VE | 4.73 | ASW | ***** | VD | 9.03 | ASW | ***** |
| VIGA -----> 68 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 434.48 | | AS | | 28.10 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCATC MCP. MAX | | 3.50 | | AS* | | 13.24 | | XA | | 1.39 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.07 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -302.11 | AS | 20.21 | AS* | 4.73 | VE | 220.27 | ASW | 10.58 | VD | 220.27 | ASW | 10.58 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 74.77 | AS | 4.45 | AS* | 0.00 | VE | 210.45 | ASW | 11.22 | VD | 210.45 | ASW | 11.22 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 434.48 | AS | 28.10 | AS* | 13.24 | VE | 200.63 | ASW | 8.86 | VD | -172.08 | ASW | 7.01 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 5.25 | MS | 124.75 | AS | 7.74 | AS* | 0.00 | VE | -181.89 | ASW | 9.10 | VD | -181.89 | ASW | 9.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 7.00 | MS | -202.16 | AS | 13.95 | AS* | 0.00 | VE | -191.71 | ASW | 9.27 | VD | -191.71 | ASW | 9.27 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| VICA -----> 69 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|------|------|---------|-----|------|------|---------|-----|------|
| MOMENTO MAXIMO | | 41.12 | | AS | | 2.70 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 3.92 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.31 | | XB | | 1.45 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -202.16 | AS | 13.55 | AS* | 0.00 | VE | 123.86 | ASW | 4.86 | VD | 123.86 | ASW | 4.36 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | -33.68 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 68.68 | ASW | 4.20 | VD | 68.68 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 38.23 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 13.50 | ASW | 4.20 | VD | 13.50 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 13.58 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | -41.67 | ASW | 4.20 | VD | -41.67 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -107.62 | AS | 6.58 | AS* | 0.00 | VE | -96.84 | ASW | 4.20 | VD | -96.84 | ASW | 4.20 |
| VICA -----> 70 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 136.78 | | AS | | 8.58 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 3.36 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.09 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -107.62 | AS | 6.58 | AS* | 0.00 | VE | 108.29 | ASW | 4.41 | VD | 108.29 | ASW | 4.41 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 54.03 | AS | 3.16 | AS* | 0.00 | VE | 76.45 | ASW | 4.20 | VD | 76.45 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 136.60 | AS | 8.57 | AS* | 0.00 | VE | -2.76 | ASW | 4.20 | VD | -2.76 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 100.02 | AS | 6.08 | AS* | 0.00 | VE | -39.02 | ASW | 4.20 | VD | -39.02 | ASW | 4.20 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -75.28 | ASW | 4.20 | VD | -75.28 | ASW | 4.20 |
| VICA -----> 71 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 202.24 | | AS | | 15.91 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 3.50 | | AS* | | 7.84 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 115.57 | ASW | 7.62 | VD | 115.57 | ASW | 7.62 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 151.68 | AS | 12.21 | AS* | 3.82 | VE | 57.78 | ASW | 2.80 | VD | 57.78 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 202.24 | AS | 15.91 | AS* | 7.84 | VE | 0.00 | ASW | 2.80 | VD | 0.00 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 151.68 | AS | 12.21 | AS* | 3.82 | VE | -57.78 | ASW | 2.80 | VD | -57.78 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -115.57 | ASW | 7.62 | VD | -115.57 | ASW | 7.62 |
| VICA -----> 72 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 18.40 | | AS | | 1.70 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 18.40 | ASW | 2.10 | VD | 18.40 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.00 | MS | 13.80 | AS | 1.25 | AS* | 0.00 | VE | 9.20 | ASW | 2.10 | VD | 9.20 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.00 | MS | 18.40 | AS | 1.70 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 2.10 | VD | 0.00 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.00 | MS | 13.80 | AS | 1.25 | AS* | 0.00 | VE | -9.20 | ASW | 2.10 | VD | -9.20 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 4.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -18.40 | ASW | 2.10 | VD | -18.40 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

```

.....
.....
                                I M P R E S S A O   D O S   R E S U L T A D O S
.....
.....
CLASSE DE PISO :      2
.....
                                R E L A T O R I O   D E   L A J E S
.....
LAJE ----->      1
.....
MOMENTOS (KN.M)  MX      5.32      HY      5.32      M1      -5.32      M2      -5.32      M3      0.00      M4      0.00      M5      0.00      M6      0.00
ARMADURAS (CM2)  ASX      1.95      ASY      1.95      AS1      1.95      AS2      1.75      AS3      0.00      AS4      0.00      AS5      0.00      AS6      0.00
REAÇÖES (KN/M)   F1      10.90      R2      10.90      R3      7.70      R4      7.70      R5      0.00      R6      0.00
.....
LAJE ----->      2
.....
MOMENTOS (KN.M)  MX      5.15      MY      3.75      M1      -3.75      M2      -5.15      M3      0.00      M4      -5.15      M5      0.00      M6      0.00
ARMADURAS (CM2)  ASX      1.88      ASY      1.36      AS1      1.36      AS2      1.98      AS3      0.00      AS4      1.88      AS5      0.00      AS6      0.00
REAÇÖES (KN/M)   F1      9.15      R2      10.79      R3      6.47      R4      10.79      R5      0.00      R6      0.00
.....
LAJE ----->      3
.....
MOMENTOS (KN.M)  MX      5.15      MY      3.75      M1      -3.75      M2      -5.15      M3      0.00      M4      -5.15      M5      0.00      M6      0.00
ARMADURAS (CM2)  ASX      1.88      ASY      1.36      AS1      1.36      AS2      1.88      AS3      0.00      AS4      1.88      AS5      0.00      AS6      0.00
REAÇÖES (KN/M)   F1      9.15      R2      10.79      R3      6.47      R4      10.79      R5      0.00      R6      0.00
.....
LAJE ----->      4
.....
MOMENTOS (KN.M)  MX      0.82      MY      3.14      M1      -3.14      M2      -0.82      M3      -3.14      M4      0.00      M5      0.00      M6      0.00
ARMADURAS (CM2)  ASX      1.00      ASY      1.13      AS1      1.13      AS2      1.00      AS3      1.13      AS4      0.00      AS5      0.00      AS6      0.00
REAÇÖES (KN/M)   F1      8.96      R2      4.29      R3      8.96      R4      3.03      R5      0.00      R6      0.00
.....

```

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|------|--|
| LAJE | ----- | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 1.01 | MY | 2.81 | M1 | -2.81 | M2 | -1.01 | M3 | -2.81 | M4 | -1.01 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 1.00 | ASY | 1.01 | AS1 | 1.01 | AS2 | 1.00 | AS3 | 1.01 | AS4 | 1.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 8.31 | R2 | 4.75 | R3 | 8.31 | R4 | 4.75 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 1.01 | MY | 2.81 | M1 | -2.81 | M2 | -1.01 | M3 | -2.81 | M4 | -1.01 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 1.00 | ASY | 1.01 | AS1 | 1.01 | AS2 | 1.00 | AS3 | 1.01 | AS4 | 1.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 8.31 | R2 | 4.75 | R3 | 8.31 | R4 | 4.75 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 3.19 | MY | 4.98 | M1 | -4.98 | M2 | 0.00 | M3 | 0.00 | M4 | -3.19 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 1.15 | ASY | 1.82 | AS1 | 1.82 | AS2 | 0.00 | AS3 | 0.00 | AS4 | 1.15 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 10.68 | R2 | 5.97 | R3 | 7.55 | R4 | 8.44 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 9.01 | MY | 4.60 | M1 | 0.00 | M2 | -9.01 | M3 | -4.60 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 3.42 | ASY | 1.68 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.42 | AS3 | 1.68 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 7.16 | R2 | 14.56 | R3 | 10.13 | R4 | 10.29 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 7.70 | MY | 2.86 | M1 | 0.00 | M2 | -7.70 | M3 | -2.86 | M4 | -7.70 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 2.89 | ASY | 1.03 | AS1 | 0.00 | AS2 | 2.89 | AS3 | 1.03 | AS4 | 2.89 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 5.65 | R2 | 13.73 | R3 | 7.99 | R4 | 13.73 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 7.70 | MY | 2.86 | M1 | 0.00 | M2 | -7.70 | M3 | -2.86 | M4 | -7.70 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 2.89 | ASY | 1.03 | AS1 | 0.00 | AS2 | 2.89 | AS3 | 1.03 | AS4 | 2.89 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 5.65 | R2 | 13.73 | R3 | 7.99 | R4 | 13.73 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | ----- | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 9.01 | MY | 4.60 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | -4.60 | M4 | -9.01 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| APMADURAS | (CM2) | ASX | 3.42 | ASY | 1.68 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 1.68 | AS4 | 3.42 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 7.16 | R2 | 10.29 | R3 | 10.13 | R4 | 14.56 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |

RELATORIO DE VIGAS

| VIGA -----> 5 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|-------|------|-----|--------|------|--------|--------------------------|------|------|--------|-----|--------|------|--------|-----|--------|
| MOMENTO MAXIMO | | 34.43 | | AS | | 3.41 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.50 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 27.55 | ASW | 2.10 | VD | 27.55 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 25.82 | AS | 2.46 | AS* | 0.00 | VE | 13.77 | ASW | 2.10 | VD | 13.77 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 34.43 | AS | 3.41 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | 2.10 | VD | 0.00 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 25.82 | AS | 2.46 | AS* | 0.00 | VE | -13.77 | ASW | 2.10 | VD | -13.77 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -27.55 | ASW | 2.10 | VD | -27.55 | ASW | 2.10 |
| VIGA -----> 6 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 60.18 | | AS | | 6.27 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.08 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.82 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 57.67 | ASW | 4.66 | VD | 57.67 | ASW | 4.66 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 50.00 | AS | 50.00 | AS* | 5.35 | VE | 0.24 | ASW | 23.13 | VD | 2.10 | ASW | 23.13 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.10 | MS | 2.50 | AS | 57.83 | AS* | 6.05 | VE | 1.00 | ASW | -11.40 | VD | 2.10 | ASW | -11.40 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 2.10 | MS | 3.75 | AS | 21.99 | AS* | 2.06 | VE | 0.00 | ASW | -45.94 | VD | 3.29 | ASW | -45.94 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 3.29 | MS | 5.00 | AS | -57.02 | AS* | 5.97 | VE | 0.92 | ASW | -80.47 | VD | 5.26 | ASW | -80.47 |
| VIGA -----> 7 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 21.96 | | AS | | 2.27 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.53 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.15 | | XB | | 1.08 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -57.02 | AS | 5.97 | AS* | 0.92 | VE | 63.92 | ASW | 4.60 | VD | 63.92 | ASW | 4.60 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 3.17 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 32.38 | ASW | 2.10 | VD | 32.38 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 23.94 | AS | 2.26 | AS* | 0.00 | VE | 0.85 | ASW | 2.10 | VD | 0.85 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 5.30 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -30.68 | ASW | 2.10 | VD | -30.68 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -52.77 | AS | 5.57 | AS* | 0.48 | VE | -62.22 | ASW | 4.48 | VD | -62.22 | ASW | 4.48 |
| VIGA -----> 8 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 54.66 | | AS | | 5.75 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.91 | | AS* | | 0.67 | | XA | | 0.83 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -52.77 | AS | 5.57 | AS* | 0.48 | VE | 73.62 | ASW | 5.63 | VD | 73.62 | ASW | 5.63 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 19.55 | AS | 1.32 | AS* | 0.00 | VE | 42.09 | ASW | 2.94 | VD | 42.09 | ASW | 2.94 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 52.45 | AS | 5.54 | AS* | 0.44 | VE | 10.55 | ASW | 2.10 | VD | 10.55 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 45.94 | AS | 4.83 | AS* | 0.00 | VE | -20.98 | ASW | 2.10 | VD | -20.98 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -52.52 | ASW | 4.14 | VD | -52.52 | ASW | 4.14 |
| VIGA -----> 9 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 56.94 | | AS | | 5.96 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOM. MAX | | 2.05 | | AS* | | 0.91 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.88 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 55.31 | ASW | 4.42 | VD | 55.31 | ASW | 4.42 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 48.15 | AS | 5.13 | AS* | 0.00 | VE | 21.73 | ASW | 2.10 | VD | 21.73 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 54.33 | AS | 5.72 | AS* | 0.64 | VE | -11.84 | ASW | 2.10 | VD | -11.84 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 18.55 | AS | 1.72 | AS* | 0.00 | VE | -45.41 | ASW | 3.28 | VD | -45.41 | ASW | 3.28 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -59.20 | AS | 6.18 | AS* | 1.15 | VE | -78.99 | ASW | 6.09 | VD | -78.99 | ASW | 6.09 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
Continuação

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------|------|-----|--------|------|------|--------------------------|------|------|--------|-----|------|------|--------|-----|------|
| VICA -----> 10 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 29.27 | | AS | | 2.83 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.71 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.15 | | XB | | 0.72 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -59.20 | AS | 6.18 | AS* | 1.15 | VE | 65.26 | ASW | 4.71 | VD | 65.26 | ASW | 4.71 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 3.57 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 35.17 | ASW | 2.36 | VD | 35.17 | ASW | 2.36 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 28.73 | AS | 2.77 | AS* | 0.00 | VE | 5.08 | ASW | 2.10 | VD | 5.08 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 16.29 | AS | 1.49 | AS* | 0.00 | VE | -24.00 | ASW | 2.10 | VD | -24.99 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -33.76 | AS | 3.33 | AS* | 0.00 | VE | -55.08 | ASW | 4.05 | VD | -55.08 | ASW | 4.05 |
| VICA -----> 11 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 28.23 | | AS | | 2.72 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.26 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.73 | | XB | | 1.19 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -33.76 | AS | 3.33 | AS* | 0.00 | VE | 54.63 | ASW | 4.00 | VD | 54.63 | ASW | 4.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 15.72 | AS | 1.44 | AS* | 0.00 | VE | 24.54 | ASW | 2.10 | VD | 24.54 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 27.59 | AS | 2.65 | AS* | 0.00 | VE | -5.54 | ASW | 2.10 | VD | -5.54 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 1.86 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -35.63 | ASW | 2.41 | VD | -35.63 | ASW | 2.41 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -61.48 | AS | 6.39 | AS* | 1.38 | VE | -65.71 | ASW | 4.73 | VD | -65.71 | ASW | 4.73 |
| VICA -----> 12 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 61.21 | | AS | | 6.73 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.93 | | AS* | | 1.36 | | XA | | 0.86 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -61.48 | AS | 6.39 | AS* | 1.38 | VE | 83.74 | ASW | 6.53 | VD | 83.74 | ASW | 6.53 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 20.87 | AS | 1.95 | AS* | 0.00 | VE | 48.02 | ASW | 3.52 | VD | 48.02 | ASW | 3.52 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 58.57 | AS | 6.12 | AS* | 1.08 | VE | 12.89 | ASW | 2.10 | VD | 12.29 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 51.61 | AS | 5.46 | AS* | 0.36 | VE | -23.42 | ASW | 2.10 | VD | -23.42 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -59.15 | ASW | 4.80 | VD | -59.15 | ASW | 4.80 |
| VICA -----> 13 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 22.68 | | AS | | 2.13 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.06 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.86 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 21.96 | ASW | 2.10 | VD | 21.96 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 19.14 | AS | 1.78 | AS* | 0.00 | VE | 8.67 | ASW | 2.10 | VD | 8.67 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 21.68 | AS | 2.03 | AS* | 0.00 | VE | -4.61 | ASW | 2.10 | VD | -4.61 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 7.61 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -17.89 | ASW | 2.10 | VD | -17.89 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -23.06 | AS | 2.17 | AS* | 0.00 | VE | -31.18 | ASW | 2.10 | VD | -31.18 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 14 ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 10.85 | | AS | | 0.97 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.72 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.18 | | XB | | 0.72 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -23.06 | AS | 2.17 | AS* | 0.00 | VE | 24.87 | ASW | 2.10 | VD | 24.87 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 0.90 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 13.47 | ASW | 2.10 | VD | 13.47 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 10.62 | AS | 0.95 | AS* | 0.00 | VE | 2.07 | ASW | 2.10 | VD | 2.07 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 6.08 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -9.32 | ASW | 2.10 | VD | -9.32 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -12.70 | AS | 1.15 | AS* | 0.00 | VE | -20.72 | ASW | 2.10 | VD | -20.72 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------|-------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|-------|----|---------|-----|--------|------|---------|-----|--------|
| VICA -----> 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 10.61 | | AS | | 0.95 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | | 0.75 | | | |
| PORC TO MOM. MAX | | 2.26 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | | 1.21 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -12.70 | AS | 1.15 | AS* | 0.00 | VE | 20.62 | ASW | 2.10 | VD | 20.62 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 5.95 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 0.22 | ASW | 2.10 | VD | 9.22 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 10.35 | AS | 0.93 | AS* | 0.00 | VE | -2.18 | ASW | 2.10 | VD | -2.18 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 0.50 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -13.58 | ASW | 2.10 | VD | -13.58 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -23.60 | AS | 2.23 | AS* | 0.00 | VE | -24.98 | ASW | 2.10 | VD | -24.98 | ASW | 2.10 |
| VICA -----> 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 22.68 | | AS | | 2.13 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | | 0.86 | | | |
| PORC TO MOM. MAX | | 2.93 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -23.06 | AS | 2.17 | AS* | 0.00 | VE | 31.18 | ASW | 2.10 | VD | 31.18 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 7.61 | AS | 0.00 | AS* | 9.00 | VE | 0.00 | ASW | 17.89 | VD | 2.10 | ASW | 17.39 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.10 | MS | 2.50 | AS | 21.68 | AS* | 2.03 | VE | 0.00 | ASW | 4.61 | VD | 2.10 | ASW | 4.61 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 2.10 | MS | 3.75 | AS | 19.14 | AS* | 1.78 | VE | 0.00 | ASW | -8.67 | VD | 2.10 | ASW | -5.57 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 2.10 | MS | 5.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | -21.96 | VD | 2.10 | ASW | -21.96 |
| VICA -----> 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 73.56 | | AS | | 5.73 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | | 0.00 | | | |
| PORC TO MOM. MAX | | 2.48 | | AS* | | 0.00 | | | | | | XB | | 2.02 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 59.01 | ASW | 3.17 | VD | 59.01 | ASW | 3.17 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 67.07 | AS | 5.15 | AS* | 0.00 | VE | 17.55 | ASW | 2.80 | VD | 17.55 | ASW | 2.50 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 61.44 | AS | 4.67 | AS* | 0.00 | VE | -23.99 | ASW | 2.80 | VD | -23.99 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -16.89 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | -65.00 | ASW | 53.00 | VD | 2.80 | ASW | -65.53 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 2.80 | MS | 7.00 | AS | ***** | AS* | 13.40 | VE | 5.11 | ASW | ***** | VD | 2.80 | ASW | ***** |
| VICA -----> 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 161.32 | | AS | | 12.92 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | | 1.41 | | | |
| PORC TO MOM. MAX | | 4.09 | | AS* | | 4.59 | | | | | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -167.93 | AS | 13.40 | AS* | 5.11 | VE | 130.00 | ASW | 25.00 | VD | 7.55 | ASW | 130.00 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 25.00 | MS | 7.55 | AS | 2.00 | AS* | 59.61 | VE | 4.51 | ASW | 0.00 | VD | 97.29 | ASW | 5.83 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 97.00 | MS | 29.00 | AS | 5.83 | AS* | 4.00 | VE | 161.23 | ASW | 12.91 | VD | 4.58 | ASW | 1.99 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 2.80 | MS | 1.99 | AS | 2.80 | AS* | 6.00 | VE | 122.91 | ASW | 10.11 | VD | 1.53 | ASW | -40.30 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 2.80 | MS | -40.30 | AS | 2.80 | AS* | 8.00 | VE | 0.00 | ASW | 0.00 | VD | 0.00 | ASW | -82.60 |
| VICA -----> 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 107.40 | | AS | | 8.97 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | XA | | 0.00 | | | |
| PORC TO MOM. MAX | | 2.40 | | AS* | | 0.30 | | | | | | XB | | 2.18 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 89.20 | ASW | 5.54 | VD | 89.20 | ASW | 5.54 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 99.38 | AS | 8.24 | AS* | 0.00 | VE | 24.38 | ASW | 2.80 | VD | 24.33 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 85.33 | AS | 6.83 | AS* | 0.00 | VE | -40.44 | ASW | 2.80 | VD | -40.44 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -42.15 | AS | 3.09 | AS* | 0.00 | VE | -105.26 | ASW | 6.60 | VD | -105.26 | ASW | 6.60 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -283.00 | AS | 8.00 | AS* | 21.83 | VE | 14.28 | ASW | ***** | VD | 10.62 | ASW | ***** |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|----------|----|---------|----|--------|-----|--------------------------|----|---------|-----|--------|----|---------|-----|--------|
| VICA -----> 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 292.36 | | AS | | 22.51 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 1.61 | | AS* | | 15.01 | | XA | | 1.38 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -284.08 | AS | 21.83 | AS* | 14.28 | VE | 216.56 | AS* | -10.10 | VD | 216.56 | ASW | -10.28 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.00 | MS | 114.47 | AS | 9.49 | AS* | 0.86 | VE | 180.98 | AS* | 11.93 | VD | 180.98 | ASW | 11.93 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 4.00 | MS | 290.13 | AS | 22.34 | AS* | 14.84 | VE | -11.65 | AS* | 2.80 | VD | -11.65 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 6.00 | MS | 205.94 | AS | 16.98 | AS* | 8.14 | VE | -72.53 | AS* | 2.93 | VD | -72.53 | ASW | 2.93 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 8.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -133.41 | AS* | 9.03 | VD | -133.41 | ASW | 9.03 |
| VICA -----> 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 98.08 | | AS | | 8.11 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 2.32 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 2.34 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 84.27 | AS* | 5.15 | VD | 84.27 | ASW | 5.15 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 92.04 | AS | 7.49 | AS* | 0.00 | VE | 20.91 | AS* | 2.80 | VD | 20.91 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 73.19 | AS | 5.70 | AS* | 0.00 | VE | -42.45 | AS* | 2.80 | VD | -42.45 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 5.25 | MS | 56.55 | AS | 4.25 | AS* | 0.00 | VE | -105.82 | AS* | 6.52 | VD | -105.82 | ASW | 6.52 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 7.00 | MS | -297.19 | AS | 22.36 | AS* | 15.40 | VE | -169.19 | AS* | 10.55 | VD | -169.19 | ASW | 10.55 |
| VICA -----> 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 325.31 | | AS | | 24.92 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 1.55 | | AS* | | 17.64 | | XA | | 1.37 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -297.19 | AS | 22.96 | AS* | 15.40 | VE | 228.78 | AS* | -10.78 | VD | 228.78 | ASW | -10.78 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 2.00 | MS | 192.28 | AS | 110.18 | AS* | 1.61 | VE | 192.28 | AS* | 12.75 | VD | 192.28 | ASW | 12.75 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 4.00 | MS | 325.28 | AS | 24.92 | AS* | 17.63 | VE | -1.66 | AS* | 2.80 | VD | -1.66 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 6.00 | MS | 242.30 | AS | 18.84 | AS* | 11.03 | VE | -81.32 | AS* | 3.62 | VD | -81.32 | ASW | 3.62 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 8.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -160.98 | AS* | 11.20 | VD | -160.98 | ASW | 11.20 |
| VICA -----> 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 161.28 | | AS | | 12.96 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 2.55 | | AS* | | 4.63 | | XA | | 0.00 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.08 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 109.51 | AS* | 7.14 | VD | 109.51 | ASW | 7.14 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.75 | MS | 134.92 | AS | 10.99 | AS* | 2.49 | VE | 44.69 | AS* | 2.80 | VD | 44.69 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 3.50 | MS | 156.41 | AS | 12.56 | AS* | 4.20 | VE | -20.13 | AS* | 2.80 | VD | -20.13 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 5.25 | MS | 64.47 | AS | 4.73 | AS* | 0.00 | VE | -84.95 | AS* | 4.82 | VD | -84.95 | ASW | 4.82 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 7.00 | MS | -140.91 | AS | 11.42 | AS* | 2.96 | VE | -149.77 | AS* | 9.28 | VD | -149.77 | ASW | 9.28 |
| VICA -----> 24 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 25.20 | | AS | | 1.79 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 3.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.19 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.35 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -140.91 | AS | 11.42 | AS* | 2.96 | VE | 88.28 | AS* | 4.44 | VD | 88.28 | ASW | 4.44 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.00 | MS | -63.59 | AS | 4.85 | AS* | 0.00 | VE | 66.34 | AS* | 3.36 | VD | 66.34 | ASW | 3.36 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 2.00 | MS | -8.22 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | 44.40 | AS* | 2.80 | VD | 44.40 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 3.00 | MS | 25.20 | AS | 1.79 | AS* | 0.00 | VE | 22.46 | AS* | 2.80 | VD | -30.05 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 4.00 | MS | -18.84 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | -58.03 | AS* | 2.85 | VD | -58.03 | ASW | 2.85 |
| VICA -----> 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 35.66 | | AS | | 2.89 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | |
| PCNTC MOP. MAX | | 2.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.42 | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = 0.00 | MS | -18.84 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | 48.79 | AS* | 2.80 | VD | 48.79 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 2 ** | X = 1.00 | MS | 20.18 | AS | 1.42 | AS* | 0.00 | VE | 29.25 | AS* | 2.80 | VD | 29.25 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = 2.00 | MS | 39.66 | AS | 2.39 | AS* | 0.00 | VE | 9.71 | AS* | 2.80 | VD | -0.29 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = 3.00 | MS | 29.60 | AS | 2.12 | AS* | 0.00 | VE | -19.83 | AS* | 1.80 | VD | -19.83 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = 4.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -39.37 | AS* | 2.80 | VD | -39.37 | ASW | 2.80 |

.....

 IMPRESSÃO DOS RESULTADOS

CLASSE DE PISO = 3

..... RELATORIO DE LAJES

| LAJE | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|------|--|
| MOMENTOS (KN.M) | MX | 5.68 | MY | 5.68 | M1 | -5.68 | M2 | -5.68 | M3 | 0.00 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS (CM2) | ASX | 2.09 | ASY | 2.09 | AS1 | 2.09 | AS2 | 2.09 | AS3 | 0.00 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | R1 | 11.63 | R2 | 11.63 | R3 | 8.22 | R4 | 8.22 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS (KN.M) | MX | 5.49 | MY | 4.00 | M1 | -4.00 | M2 | -5.49 | M3 | 0.00 | M4 | -5.49 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS (CM2) | ASX | 2.02 | ASY | 1.45 | AS1 | 1.45 | AS2 | 2.02 | AS3 | 0.00 | AS4 | 2.02 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | R1 | 9.76 | R2 | 11.52 | R3 | 6.90 | R4 | 11.52 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS (KN.M) | MX | 5.49 | MY | 4.00 | M1 | -4.00 | M2 | -5.49 | M3 | 0.00 | M4 | -5.49 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS (CM2) | ASX | 2.02 | ASY | 1.45 | AS1 | 1.45 | AS2 | 2.02 | AS3 | 0.00 | AS4 | 2.02 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | R1 | 9.76 | R2 | 11.52 | R3 | 6.90 | R4 | 11.52 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |
| LAJE | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTOS (KN.M) | MX | 0.88 | MY | 3.36 | M1 | -3.36 | M2 | -0.88 | M3 | -3.36 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 | |
| ARMADURAS (CM2) | ASX | 1.00 | ASY | 1.21 | AS1 | 1.21 | AS2 | 1.00 | AS3 | 1.21 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 | |
| REAÇÕES (KN/M) | | | | | R1 | 9.57 | R2 | 4.58 | R3 | 9.57 | R4 | 3.24 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 | |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 5 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 1.08 | MY | 3.00 | M1 | -3.00 | M2 | -1.08 | M3 | -3.00 | M4 | -1.08 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 1.00 | ASY | 1.08 | AS1 | 1.08 | AS2 | 1.00 | AS3 | 1.08 | AS4 | 1.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 8.87 | R2 | 5.07 | R3 | 8.87 | R4 | 5.07 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 6 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 1.08 | MY | 3.00 | M1 | -3.00 | M2 | -1.08 | M3 | -3.00 | M4 | -1.08 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 1.00 | ASY | 1.08 | AS1 | 1.08 | AS2 | 1.00 | AS3 | 1.08 | AS4 | 1.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 8.87 | R2 | 5.07 | R3 | 8.87 | R4 | 5.07 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 7 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 3.40 | MY | 5.32 | M1 | -5.32 | M2 | 0.00 | M3 | 0.00 | M4 | -3.40 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 1.23 | ASY | 1.95 | AS1 | 1.95 | AS2 | 0.00 | AS3 | 0.00 | AS4 | 1.23 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 11.40 | R2 | 6.37 | R3 | 8.06 | R4 | 9.00 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 8 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 5.62 | MY | 4.91 | M1 | 0.00 | M2 | -9.52 | M3 | -4.91 | M4 | 0.00 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 3.68 | ASY | 1.79 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.68 | AS3 | 1.79 | AS4 | 0.00 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 7.64 | R2 | 15.53 | R3 | 10.81 | R4 | 10.98 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 9 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 8.22 | MY | 3.05 | M1 | 0.00 | M2 | -8.22 | M3 | -3.05 | M4 | -8.22 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 3.10 | ASY | 1.10 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.10 | AS3 | 1.10 | AS4 | 3.10 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 6.03 | R2 | 14.65 | R3 | 8.53 | R4 | 14.65 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 10 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 8.22 | MY | 3.05 | M1 | 0.00 | M2 | -8.22 | M3 | -3.05 | M4 | -8.22 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 3.10 | ASY | 1.10 | AS1 | 0.00 | AS2 | 3.10 | AS3 | 1.10 | AS4 | 3.10 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 6.03 | R2 | 14.65 | R3 | 8.53 | R4 | 14.65 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LAJE | -----> | 11 | ..... |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MOMENTOS | (KN.M) | MX | 9.62 | MY | 4.91 | M1 | 0.00 | M2 | 0.00 | M3 | -4.91 | M4 | -9.62 | M5 | 0.00 | M6 | 0.00 |
| ARMADURAS | (CM2) | ASX | 3.68 | ASY | 1.79 | AS1 | 0.00 | AS2 | 0.00 | AS3 | 1.79 | AS4 | 3.68 | AS5 | 0.00 | AS6 | 0.00 |
| REAÇÕES | (KN/M) | | | | | F1 | 7.64 | R2 | 10.98 | R3 | 10.81 | R4 | 15.53 | R5 | 0.00 | R6 | 0.00 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
Continuação

| VICA -----> 10 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------|------|-----|--------|------|------|--------------------------|------|------|--------|-----|------|------|--------|-----|--------|
| MOMENTO MAXIMO | | 22.80 | | AS | | 2.15 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOP. MAX | | 2.73 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.17 | | XB | | 0.71 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -47.66 | AS | 5.06 | AS* | 0.00 | VE | 51.56 | ASW | 3.48 | VD | 51.56 | ASW | 3.48 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 2.05 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 27.98 | ASW | 2.10 | VD | 27.98 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 22.29 | AS | 2.09 | AS* | 0.00 | VE | 4.39 | ASW | 2.10 | VD | 4.39 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 13.04 | AS | 1.18 | AS* | 0.00 | VE | -19.19 | ASW | 2.10 | VD | -19.19 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -25.69 | AS | 2.45 | AS* | 0.00 | VE | -42.78 | ASW | 2.93 | VD | -42.78 | ASW | 2.93 |
| VICA -----> 11 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 21.70 | | AS | | 2.03 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOP. MAX | | 2.24 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.72 | | XB | | 1.24 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -25.69 | AS | 2.45 | AS* | 0.00 | VE | 42.29 | ASW | 2.88 | VD | 42.29 | ASW | 2.88 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 12.43 | AS | 1.12 | AS* | 0.00 | VE | 18.70 | ASW | 2.10 | VD | 18.70 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 21.07 | AS | 1.97 | AS* | 0.00 | VE | -4.88 | ASW | 2.10 | VD | -4.88 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 0.23 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -28.46 | ASW | 2.10 | VD | -28.46 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -50.09 | AS | 5.31 | AS* | 0.20 | VE | -52.05 | ASW | 3.50 | VD | -52.05 | ASW | 3.50 |
| VICA -----> 12 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 51.07 | | AS | | 5.41 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOP. MAX | | 2.52 | | AS* | | 0.30 | | XA | | 0.84 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -50.09 | AS | 5.31 | AS* | 0.20 | VE | 69.21 | ASW | 5.22 | VD | 69.21 | ASW | 5.22 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 17.93 | AS | 1.65 | AS* | 0.00 | VE | 39.61 | ASW | 2.71 | VD | 39.61 | ASW | 2.71 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 48.95 | AS | 5.21 | AS* | 0.08 | VE | 10.01 | ASW | 2.10 | VD | 10.01 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 42.97 | AS | 4.44 | AS* | 0.00 | VE | -19.58 | ASW | 2.10 | VD | -19.58 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -49.18 | ASW | 3.81 | VD | 49.18 | ASW | 3.81 |
| VICA -----> 13 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 15.54 | | AS | | 1.81 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOP. MAX | | 2.07 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 0.85 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 18.87 | ASW | 2.10 | VD | 0.00 | ASW | 18.87 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.10 | MS | 18.87 | AS | 2.10 | AS* | 1.25 | VE | 16.47 | ASW | 1.51 | VD | 0.00 | ASW | 7.48 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.10 | MS | 7.48 | AS | 2.10 | AS* | 2.50 | VE | 18.70 | ASW | 1.73 | VD | 0.00 | ASW | -3.90 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 2.10 | MS | -3.90 | AS | 2.10 | AS* | 3.75 | VE | 6.71 | ASW | 0.90 | VD | 0.00 | ASW | -15.29 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 2.10 | MS | -15.29 | AS | 2.10 | AS* | 5.00 | VE | -19.52 | ASW | 1.81 | VD | 0.00 | ASW | -26.67 |
| VICA -----> 14 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 8.82 | | AS | | 0.90 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO MOP. MAX | | 2.74 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.21 | | XB | | 0.71 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -19.52 | AS | 1.81 | AS* | 0.00 | VE | 20.62 | ASW | 2.10 | VD | 20.62 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 0.39 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 11.24 | ASW | 2.10 | VD | 11.24 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 8.59 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 1.87 | ASW | 2.10 | VD | 0.87 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 5.07 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -7.50 | ASW | 2.10 | VD | -7.50 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -10.17 | AS | 0.91 | AS* | 0.00 | VE | 16.88 | ASW | 2.10 | VD | 16.88 | ASW | 2.10 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------|------|-----|---------|------|-------|--------------------------|-------|------|---------|-----|--------|----|---------|-----|--------|
| VIGA -----> 15 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 8.82 | | AS | | 0.90 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.25 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.71 | | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 1.21 | | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -10.17 | AS | 0.91 | AS* | 0.00 | VE | 16.88 | ASW | 2.10 | VD | 16.88 | ASW | 2.10 |
| SFCAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 5.07 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 7.50 | ASW | 2.10 | VD | 7.50 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 8.59 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -1.87 | ASW | 2.10 | VD | -1.87 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 0.39 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | -11.24 | ASW | 2.10 | VD | -11.24 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 5.00 | MS | -19.52 | AS | 1.81 | AS* | 0.00 | VE | -20.62 | ASW | 2.10 | VD | -20.62 | ASW | 2.10 |
| VIGA -----> 16 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 19.54 | | AS | | 1.81 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.07 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.85 | | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -19.52 | AS | 1.81 | AS* | 0.00 | VE | 26.67 | ASW | 2.10 | VD | 26.67 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.25 | MS | 6.71 | AS | 0.90 | AS* | 0.00 | VE | 15.29 | ASW | 2.10 | VD | 15.29 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.50 | MS | 18.70 | AS | 1.73 | AS* | 0.00 | VE | 3.90 | ASW | 2.10 | VD | 3.90 | ASW | 2.10 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.75 | MS | 16.47 | AS | 1.51 | AS* | 0.00 | VE | -7.48 | ASW | 2.10 | VD | -7.00 | ASW | 48.00 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 2.10 | MS | 5.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 0.00 | ASW | -18.97 | VD | 2.10 | ASW | -18.97 |
| VIGA -----> 17 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 40.67 | | AS | | 2.97 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.46 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 2.07 | | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 33.05 | ASW | 2.80 | VD | 33.05 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.55 | MS | 37.27 | AS | 2.70 | AS* | 0.00 | VE | 9.55 | ASW | 2.80 | VD | 9.55 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 33.42 | AS | 2.41 | AS* | 0.00 | VE | -13.95 | ASW | 2.80 | VD | -13.95 | ASW | 2.80 |
| SFCAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -11.55 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | -37.45 | ASW | 2.80 | VD | -37.45 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -97.66 | AS | 8.06 | AS* | 0.00 | VE | -60.95 | ASW | 2.80 | VD | -60.95 | ASW | 2.80 |
| VIGA -----> 18 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 97.49 | | AS | | 8.05 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 3.72 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 1.42 | | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 0.00 | | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -97.66 | AS | 8.06 | AS* | 0.00 | VE | 72.63 | ASW | 3.53 | VD | 72.63 | ASW | 3.53 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.00 | MS | 36.25 | AS | 2.53 | AS* | 0.00 | VE | 61.27 | ASW | 3.18 | VD | 61.27 | ASW | 3.18 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 4.00 | MS | 97.09 | AS | 8.00 | AS* | 0.00 | VE | -2.93 | ASW | 2.80 | VD | -2.93 | ASW | 2.80 |
| SFCAC | ** 4 ** | X = | 6.00 | MS | 69.88 | AS | 5.40 | AS* | 0.00 | VE | -24.27 | ASW | 2.80 | VD | -24.27 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 8.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -45.61 | ASW | 2.80 | VD | -45.61 | ASW | 2.80 |
| VIGA -----> 19 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 98.44 | | AS | | 8.14 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PONTO POP. MAX | | 2.45 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | | | | | | |
| | | | | | | | | XB | | 2.03 | | | | | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 80.15 | ASW | 4.83 | VD | 80.15 | ASW | 4.83 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 90.30 | AS | 7.32 | AS* | 0.00 | VE | 23.04 | ASW | 2.80 | VD | 23.04 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 80.67 | AS | 6.39 | AS* | 0.00 | VE | -34.05 | ASW | 2.80 | VD | -34.05 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -28.88 | AS | 2.06 | AS* | 0.00 | VE | -91.15 | ASW | 5.58 | VD | -91.15 | ASW | 5.58 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -238.37 | AS | 18.56 | AS* | 10.72 | VE | -148.25 | ASW | 8.90 | VD | -148.25 | ASW | 8.90 |

Figura A.3 - Listagem do Programa (entrada de dados/resultados)
 Continuação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|------|-----|---------|-------|-------|--------------------------|-------|------|---------|-----|-------|------|---------|-----|-------|
| VICA -----> 20 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 237.19 | | AS | | 18.47 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 1.69 | | AS* | | 10.62 | | XA | | 1.40 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -238.37 | AS | 18.56 | AS* | 10.72 | VE | 180.30 | ASW | 11.42 | VD | 180.30 | ASW | 11.42 |
| SFCAC | ** 2 ** | X = | 2.00 | MS | 50.44 | AS | 7.33 | AS* | 0.00 | VE | 148.50 | ASW | 9.58 | VD | 148.50 | ASW | 9.58 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 4.00 | MS | 236.00 | AS | 18.38 | AS* | 10.53 | VE | -7.80 | ASW | 2.80 | VD | -7.80 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 6.00 | MS | 169.20 | AS | 13.49 | AS* | 5.22 | VE | -59.00 | ASW | 2.80 | VD | -59.00 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 8.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -110.20 | ASW | 7.20 | VD | -110.20 | ASW | 7.20 |
| VICA -----> 21 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 96.43 | | AS | | 7.94 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.46 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.00 | | XB | | 2.07 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 78.25 | ASW | 4.68 | VD | 78.25 | ASW | 4.68 |
| SFCAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 88.32 | AS | 7.12 | AS* | 0.00 | VE | 22.69 | ASW | 2.80 | VD | 22.69 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 79.42 | AS | 6.27 | AS* | 0.00 | VE | -32.87 | ASW | 2.80 | VD | -32.87 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | -26.71 | AS | 1.90 | AS* | 0.00 | VE | -88.43 | ASW | 2.80 | VD | -88.43 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -230.09 | AS | 17.95 | AS* | 10.06 | VE | -143.99 | ASW | 8.56 | VD | -143.99 | ASW | 8.56 |
| VICA -----> 22 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 225.48 | | AS | | 17.61 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.79 | | AS* | | 9.69 | | XA | | 1.40 | | XB | | 0.00 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -230.09 | AS | 17.95 | AS* | 10.06 | VE | 177.06 | ASW | 11.17 | VD | 177.06 | ASW | 11.17 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 2.00 | MS | 86.86 | AS | 6.93 | AS* | 0.00 | VE | 139.88 | ASW | 8.94 | VD | 139.88 | ASW | 8.94 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 4.00 | MS | 224.94 | AS | 17.57 | AS* | 9.65 | VE | -5.25 | ASW | 2.80 | VD | -5.25 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 6.00 | MS | 163.45 | AS | 13.07 | AS* | 4.76 | VE | -56.23 | ASW | 2.80 | VD | -56.23 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 8.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -107.21 | ASW | 6.96 | VD | -107.21 | ASW | 6.96 |
| VICA -----> 23 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 145.05 | | AS | | 11.73 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.58 | | AS* | | 3.29 | | XA | | 0.00 | | XB | | 1.03 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | 97.29 | ASW | 6.18 | VD | 97.29 | ASW | 6.18 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.75 | MS | 120.30 | AS | 5.72 | AS* | 1.32 | VE | 40.19 | ASW | 2.80 | VD | 40.19 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 3.50 | MS | 140.67 | AS | 11.41 | AS* | 2.95 | VE | -16.91 | ASW | 2.80 | VD | -16.91 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 5.25 | MS | 61.11 | AS | 4.64 | AS* | 0.00 | VE | -74.01 | ASW | 4.07 | VD | -74.01 | ASW | 4.07 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 7.00 | MS | -118.37 | AS | 9.77 | AS* | 1.17 | VE | -131.11 | ASW | 7.99 | VD | -131.11 | ASW | 7.99 |
| VICA -----> 24 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 1.84 | | AS | | 1.50 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 3.00 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 2.80 | | XB | | 0.92 | | | |
| SECAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -118.37 | AS | 5.77 | AS* | 1.17 | VE | 64.85 | ASW | 2.80 | VD | 64.85 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.00 | MS | -61.77 | AS | 4.59 | AS* | 0.00 | VE | 48.33 | ASW | 2.80 | VD | 48.33 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.00 | MS | -21.70 | AS | 1.53 | AS* | 0.00 | VE | 31.81 | ASW | 2.80 | VD | 31.81 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.00 | MS | 1.84 | AS | 1.50 | AS* | 0.00 | VE | 15.29 | ASW | 2.80 | VD | -24.26 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 4.00 | MS | -33.91 | AS | 2.45 | AS* | 0.00 | VE | -47.23 | ASW | 2.80 | VD | -47.23 | ASW | 2.80 |
| VICA -----> 25 -----> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MOMENTO MAXIMO | | 71.80 | | AS | | 5.57 | | PONTOS DE MOMENTO NULO : | | | | | | | | | |
| PCNTC MOM. MAX | | 2.19 | | AS* | | 0.00 | | XA | | 0.38 | | XB | | 0.00 | | | |
| SFCAC | ** 1 ** | X = | 0.00 | MS | -33.91 | AS | 2.45 | AS* | 0.00 | VE | 96.41 | ASW | 5.96 | VD | 96.41 | ASW | 5.96 |
| SECAC | ** 2 ** | X = | 1.00 | MS | 40.52 | AS | 2.96 | AS* | 0.00 | VE | 52.44 | ASW | 2.80 | VD | 52.44 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 3 ** | X = | 2.00 | MS | 70.98 | AS | 5.50 | AS* | 0.00 | VE | 8.47 | ASW | 2.80 | VD | 8.47 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 4 ** | X = | 3.00 | MS | 57.47 | AS | 4.33 | AS* | 0.00 | VE | -35.49 | ASW | 2.80 | VD | -35.49 | ASW | 2.80 |
| SECAC | ** 5 ** | X = | 4.00 | MS | 0.00 | AS | 0.00 | AS* | 0.00 | VE | -79.46 | ASW | 5.30 | VD | -79.46 | ASW | 5.30 |

A P E N D I C E B

ORGANOGRAMA DA ANÁLISE SECUNDÁRIA

O Sistema da Análise Secundária foi totalmente desenvolvido em linguagem FORTRAN-IV e está implantada em um computador Burroughs, série 6700, existente no Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CPD-UFRGS). O sistema completo está formado por 4250 linhas distribuídos em 30 rotinas ("subrotinas") e uma função ("function").

O organograma descrito na figura B-1 indica o fluxo entre todas as rotinas existentes na Análise Secundária de uma forma clara e sucinta. Uma breve descrição dos objetivos de cada uma destas rotinas está indicado a seguir :

ANASEC : rotina principal de todo o sistema, controla a execução de toda a Análise Secundária, análise dos esforços e dimensionamento

ASECAO : determina a área da seção transversal de todas as classes de seções existentes no problema

LAJVIG : relaciona quais as vigas definidas ao longo de cada bordo de cada laje

ARVORE : determina a ordenação lógica para o cálculo das vigas em função do sistema de apoio

- ANALAJ : executa o cálculo das solicitações em uma laje de acordo com as condições de contorno, carregamento e método de análise definido
- REACAO : cálculo das reações em uma laje retangular segundo a orientação da NBR-6118/82
- TAXA : calcula qual a taxa de reação uniforme de uma laje incidente em um bordo a partir de diagrama triangular ou trapezoidal, definido pela rotina REACAO
- MARCUS : determina os esforços solicitantes em uma laje, de acordo com a Teoria de Marcus, processo elástico
- ROTURA : determina os esforços solicitantes em uma laje, de acordo com a Teoria das Linhas de Ruptura, processo rígido-plástico
- MEF : determina os esforços solicitantes em uma laje, de acordo com a Teoria dos Elementos Finitos, processo elástico.
- GECOR : geração automática das coordenadas dos nós de uma malha de elementos finitos
- GECON : geração automática das conectividades de uma malha de elementos finitos
- RESNOD : define as restrições nodais nos bordos de uma laje a partir da sua malha de elementos finitos e da vinculação fornecida
- ASSEM : controla a montagem da matriz de rigidez e do vetor de cargas total da malha de elementos finitos
- RICAR : calcula, para cada elemento da malha, a matriz de rigidez e o vetor de cargas
- ELASS : executa a montagem da matriz de rigidez e vetor de cargas total

- BOUND : introduz as condições de contorno da laje na matriz de rigidez e no vetor de cargas
- FORCE : calcula os esforços solicitantes nos nós da malha de elementos finitos
- RLAJE : armazena as reações das lajes para serem utilizadas como cargas quando do cálculo das vigas
- FORAUX : executa a montagem do vetor de cargas para cada viga
- AVICON : calcula os esforços hiperestáticos em uma viga contínua
- VICBAL : calcula o momento fletor das vigas em balanço
- VICPAR : executa a montagem do vetor de termos independentes (parâmetros 'E' e 'D') relativo ao processo de cálculo de uma viga contínua
- VICMOM : executa a montagem da matriz de rigidez geométrica e do vetor de cargas de uma viga contínua
- ANAVIG : controla o processo de cálculo dos esforços solicitantes em cada uma das seções de uma viga
- HIPER : calcula os esforços hiperestáticos em uma viga isolada
- STATIC : calcula os esforços solicitantes em cada seção de uma viga isolada
- RVIGA : armazena as reações das vigas para serem utilizadas como cargas quando do cálculo de outras vigas ou pilares
- ARFLEX : calcula a armadura de flexão, simples ou dupla, para solicitações de momento em seção transversal retangular

ARTRAN : calcula a armadura transversal para solicitações de momento, esforço cortante e esforço normal em seção transversal retangular, para análise do tipo flexo-compressão, flexo-tração ou flexão-simples

Há ainda uma outra rotina, que pode ser acessada por qualquer outro módulo do Sistema PROADE, de nome ERRO. Esta rotina acessa um arquivo das mensagens de erro que podem ocorrer ao longo da execução da Análise Secundária, tanto por insuficiência de dados fornecidos pelo usuário como por resultados incompatíveis gerados pela análise.

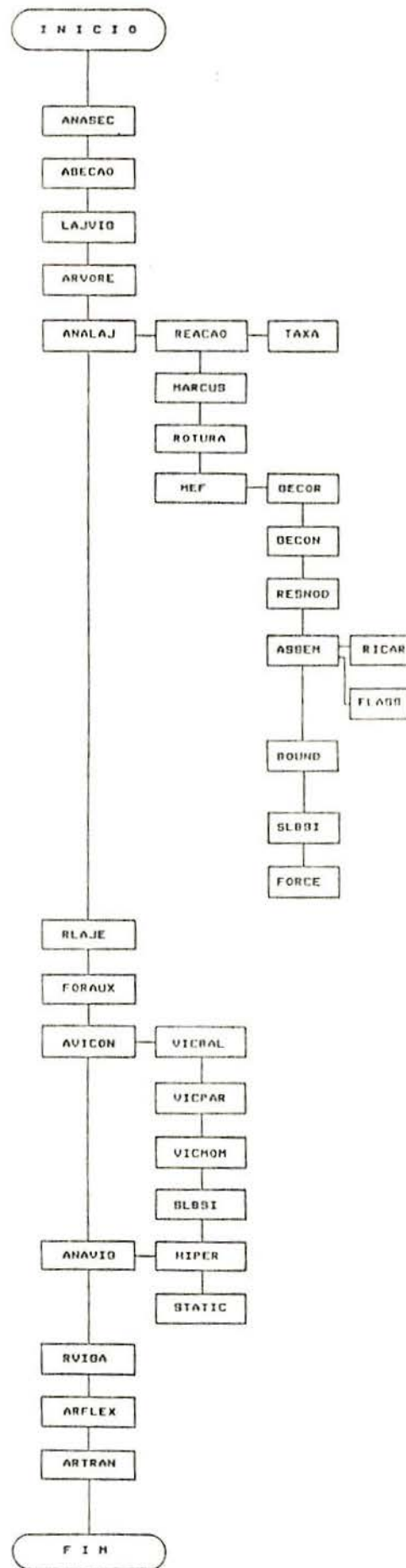


Figura B.1 - Organograma da Análise Secundária

A P E N D I C E C

ESTRUTURA DE DADOS DA ANÁLISE SECUNDÁRIA

Na elaboração da Análise Secundária foram desenvolvidos e criados uma série de arranjos ("arrays") e variáveis utilizados como parâmetros pelas diversas rotinas deste módulo. Alguns destes parâmetros, principalmente os que servem de "elo" de ligação e compatibilização com o Sistema PROADE já foram amplamente descritos por Brodbeck [5], e aqui não serão abordados.

A seguir estão indicados, relativamente aos principais arrays e variáveis, as informações sobre suas formas de armazenamento, o dimensionamento considerado e a rotina principal onde ocorrem.

a. Arranjos

A convenção utilizada para a descrição destes arranjos, no seu aspecto mais amplo, será representada da seguinte forma :

| item | nome do array(dim) | tipo | rotina |
|------|--------------------|------|--------|
|------|--------------------|------|--------|

onde:

- item
será seguida uma numeração de acordo com a ordenação alfabética dos "arrays" listados
- nome do array
nome do arranjo
- dim
define a capacidade de armazenamento de dados, colocada entre parênteses (dimensão do "array")
- tipo
"array" definido como real ou inteiro
- rotina
principal rotina onde aparece o citado "array"

| | | | |
|-----|------------|------------|--------|
| a.1 | ASEC (MXS) | array real | ASECAO |
|-----|------------|------------|--------|

Armazena os dados relativos às classes de seções.
Cada bloco é formado por 1 palavra

| |
|---|
| i |
| A |

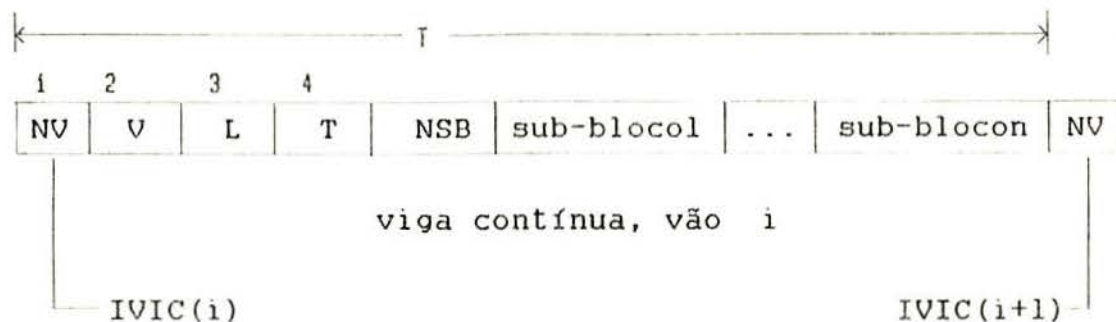
classe de seção i

palavra informação

1 área da classe de seção transversal i

| | | | |
|-----|-----------|------------|--------|
| a.2 | AUX (450) | array real | FORAUX |
|-----|-----------|------------|--------|

Contem todos os dados relativos aos carregamentos incidentes nas vigas contínuas, armazenados em blocos de tamanho variável para cada viga isolada que à compõe.



palavra informação

- 1 nº da viga coincidente com o vão i
- 2 vinculação da viga, expressa por 2 dígitos
 - i ---> vínculo esquerdo
 - j ---> vínculo direito
 onde i e j podem assumir os valores
 - 0 : apoio
 - 1 : engaste
 - 2 : livre
- 3 comprimento do vão i
- 4 nº de palavras de todo o bloco
- 5 nº de sub-blocos de cargas atuantes sobre a viga

Cada sub-bloco de cargas se apresenta no seguinte formato :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| C | A | W |

concentrada

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| C | A | B | W |

uniforme

| | | | | |
|---|---|---|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | A | B | W1 | W2 |

linear

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| C | A | W |

momento

palavra informação

- | | |
|---|-------------|
| 1 | código |
| 4 | concentrada |
| 5 | uniforme |
| 6 | linear |
| 7 | momento |

carga concentrada

- | | |
|---|---|
| 2 | distância ao apoio esquerdo |
| 3 | valor da carga distribuída por unidade de comprimento |

carga uniforme

- | | |
|---|--|
| 2 | distância ao apoio esquerdo |
| 3 | comprimento do trecho de carga |
| 4 | taxa de carga distribuída por unidade de comprimento |

carga linear

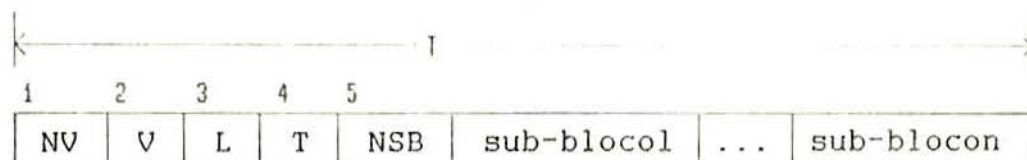
- | | |
|---|---|
| 2 | distância ao apoio esquerdo |
| 3 | comprimento do trecho de carga |
| 4 | valor inicial da taxa de carga por unidade de comprimento |
| 5 | valor final da taxa de carga por unidade de comprimento |

carga de momento

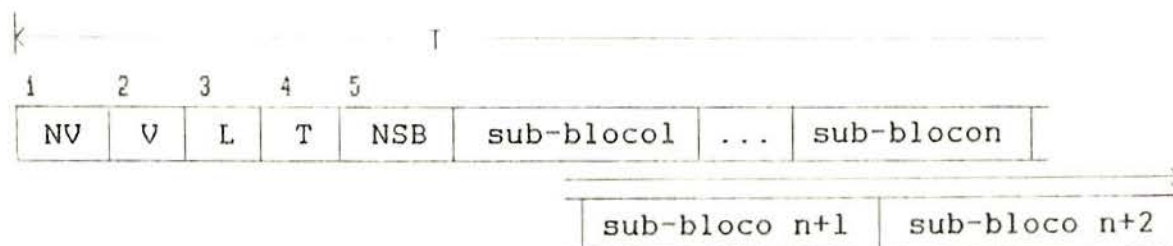
- 2 distância ao apoio esquerdo
3 valor do momento, positivo no sentido anti-horário

| | | | |
|-----|-----------|------------|--------|
| a.3 | AUXV (40) | array real | ANAVIG |
|-----|-----------|------------|--------|

Contem todos os dados relativos aos carregamentos incidentes em cada viga isolada. Caso esta viga seja terciária ou secundária o armazenamento é feito tal como foi descrito para cada bloco em AUX, relativo a um vão. No caso desta viga pertencer a uma viga contínua, é acrescentado ao bloco de dados 1 ou 2 sub-blocos indicando a existência dos momentos de engastamento nos apoios. Assim, o formato de AUXV é o seguinte:



viga isolada

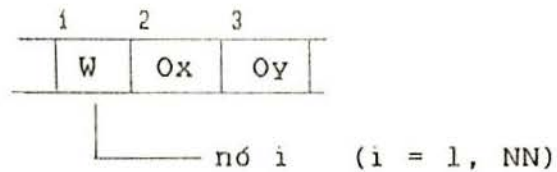


vão de viga contínua

onde os sub-blocos de carga relativos aos momentos de engastamento são armazenados da mesma forma que os dados de carga de momento descritos no array AXV.

| | | | |
|-----|---------|------------|-------|
| a.4 | B (243) | array real | SLBSI |
|-----|---------|------------|-------|

Contém os deslocamentos nodais da malha de elementos finitos. Os valores são armazenados por nó, em blocos de 3 palavras.

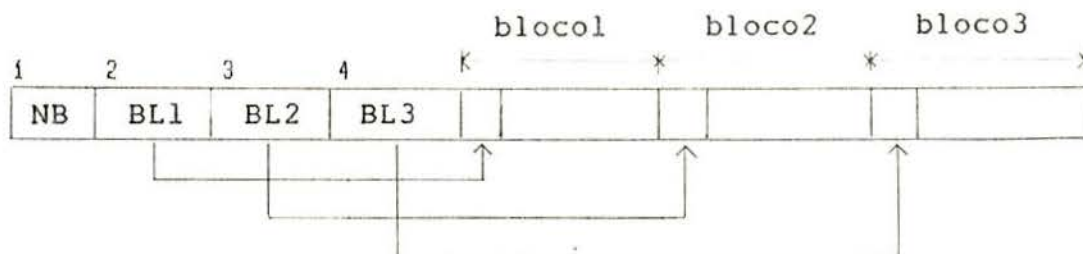


$$B(3*(i-1)+1)$$

| palavra | informação |
|---------|------------------------------------|
| 1 | deslocamento vertical na direção Z |
| 2 | deslocamento angular em torno de X |
| 3 | deslocamento angular em torno de Y |

| | | | |
|-----|-----------|---------------|-----|
| a.5 | BLOC (70) | array inteiro | MEF |
|-----|-----------|---------------|-----|

Armazena em conjuntos os elementos da malha de elementos finitos de mesma geometria. Na sua forma mais geral, no caso da laje em 'ELE', este array se apresenta na seguinte forma



| palavra | informação |
|---------|--|
| 1 | nº de blocos de elementos de igual geometria 1 ---> laje retangular 3 ---> laje em 'ELE' |
| 2 | posição da primeira palavra do 1º bloco |
| 3 | posição da primeira palavra do 2º bloco |
| 4 | posição da primeira palavra do 3º bloco |

onde cada bloco tem o seguinte formato

| palavra | informação |
|---------|--------------------------------|
| 1 | nº de elementos do bloco |
| 2-(n+1) | lista dos n elementos do bloco |

| | | | |
|-----|----------|------------|-----|
| a.6 | CAR (12) | array real | MEF |
|-----|----------|------------|-----|

-- Contém dados relativos ao vetor de cargas de cada elemento finito da malha. Os dados são armazenados por nó, em bloco de 3 palavras.

| 1 | 2 | 3 |
|----|-----|-----|
| fw | fox | foy |

nó i (i = 1, 4)

| palavra | informação |
|---------|-----------------------------|
| 1 | força vertical na direção Z |
| 2 | força angular em torno de X |
| 3 | força angular em torno de Y |

obs: internamente este array também é chamado de ELC

| | | | |
|-----|----------|------------|--------|
| a.7 | CARL (6) | array real | ANALAJ |
|-----|----------|------------|--------|

Contém para cada laje, o carregamento incidente. Os dados são armazenados em blocos de 6 palavras, sendo que o formato varia com o tipo de carregamento.

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| C | W |

superficial

| | | | |
|---|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| C | AX | AY | W |

concentrada

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| C | AX | AY | BX | BY | W |

linear

palavra informação

1 código

1 superficial

2 concentrada

3 linear

carga superficial

2 taxa de carga por unidade de comprimento

carga concentrada

2 distância ao eixo Y mais próximo à origem

3 distância ao eixo X mais próximo à origem

4 valor da carga concentrada, positiva quando na direção -Z

carga linear

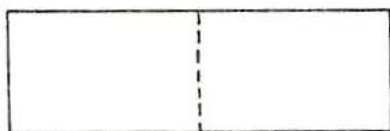
- 2 distância do ponto inicial da carga ao eixo Y mais próximo à origem
- 3 distância do ponto inicial da carga ao eixo X mais próximo à origem
- 4 distância do ponto final da carga ao eixo Y mais próximo à origem
- 5 distância do ponto final da carga ao eixo X mais próximo à origem
- 6 taxa de carga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

| | | | |
|-----|--------|---------------|--------|
| a.8 | CC (2) | array inteiro | ANALAJ |
|-----|--------|---------------|--------|

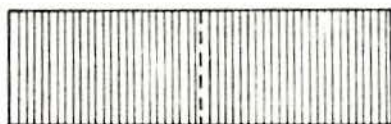
Contém informações sobre a geometria de contorno da laje a partir do seguinte anagrama, que divide a laje em setores.



onde cada setor pode se apresentar na forma



código 0 : totalmente vazio




código 1 : totalmente ocupado




código 2 : ocupado à esquerda



código 3 : ocupado à direita

sendo que :  representa a área interna à laje

 representa a área externa à laje

Cada bloco, composto por 2 palavras, se apresenta da seguinte forma

| 1 | 2 |
|----|----|
| S1 | S2 |

| palavra | informação |
|---------|-------------------|
| 1 | código do setor 1 |
| 2 | código do setor 2 |

- obs: 1) a utilização deste array é fundamental quando se trata de um laje em 'ELE'
- 2) no caso da laje retangular é indicado como se a laje fosse formada por somente um quadrante, sendo as informações fornecidas da seguinte maneira:

| palavra | informação |
|---------|-----------------------|
| 1 | código do setor 1 = 2 |
| 2 | código do setro 2 = 0 |

| | | | |
|-----|----------|------------|--------|
| a.9 | COMB (6) | array real | ANALAJ |
|-----|----------|------------|--------|

Contém o comprimento dos bordos de cada laje armazenados em blocos de 6 palavras.

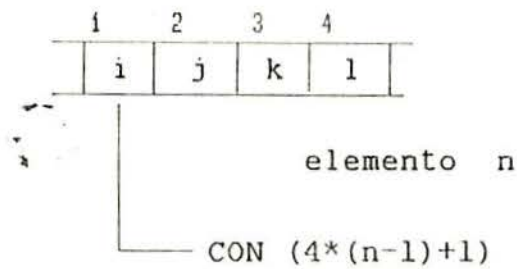
| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |

palavra informação

i comprimento do bordo i da laje

| | | | |
|------|-----------|------------|-------|
| a.10 | CON (256) | array real | GECON |
|------|-----------|------------|-------|

Armazena os dados relativos às conetividades dos elementos que compõem a malha de elementos finitos, toma dos em sentido anti-horário.



palavra informação

1 n^o do nó i do elemento n

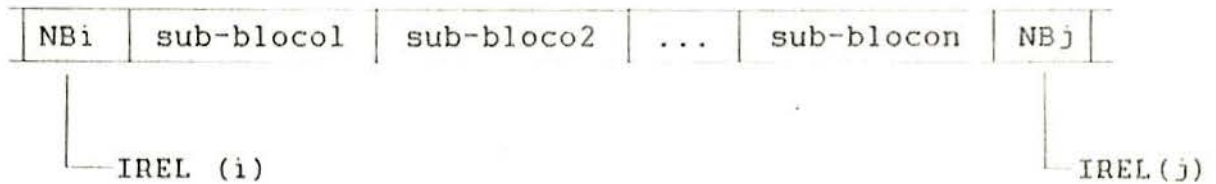
2 n^o do nó j do elemento n

3 n^o do nó k do elemento n

4 n^o do nó l do elemento n

| | | | |
|------|--------------|------------|--------|
| a.12 | EXLA (NL*46) | array real | LAJVIG |
|------|--------------|------------|--------|

Contém dados relativos às vigas coincidentes com cada bordo de cada laje que compõe um pavimento tipo, em blocos de tamanhos variáveis, na seguinte forma:



onde a palavra inicial, NB_i, define o nº de bordos da laje (4 ou 6) e cada sub-bloco, relativo a cada bordo da laje tem o seguinte formato

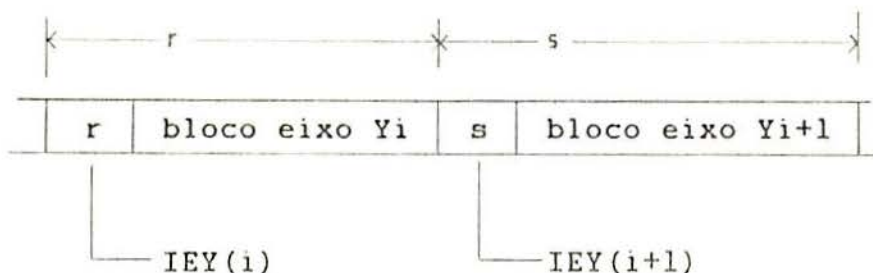
| | | | | | | |
|---|----|----|----|-----|----|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | | | n*3+1 |
| N | V1 | A1 | B1 | ... | Vn | An Bn |

sendo

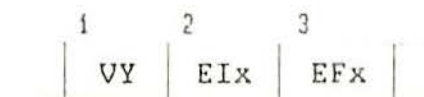
| palavra | informação |
|---------|---|
| 1 | nº de vigas coincidentes no bordo |
| 2 | nº da primeira viga |
| 3 | distância do trecho coincidente ao eixo inicial da viga |
| 4 | comprimento do trecho coincidente |
| 5 | nº da segunda viga |
| . | . |
| . | . |
| . | . |

| | | | |
|------|------------------|------------|--------|
| a.13 | EYC ((NEY+1)*30) | array real | LAJVIG |
|------|------------------|------------|--------|

Contém todas as vigas definidas na direção Y do pavimento tipo classificadas por eixo X. A estrutura de armazenamento é feita em blocos de tamanhos variáveis, definidos por eixo X, com o seguinte formato :



Cada bloco é formado por sub-blocos de 3 palavras na forma



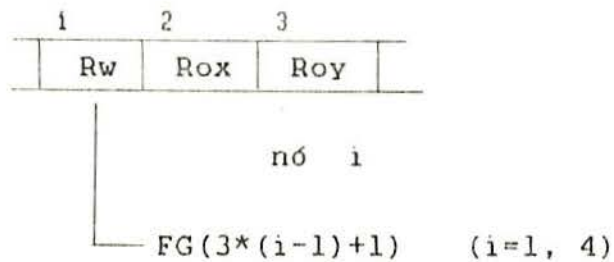
viga Y

onde

| palavra | informação |
|---------|----------------------|
| 1 | nº da viga Y |
| 2 | nº do eixo X inicial |
| 3 | nº do eixo X final |

| | | | |
|------|---------|------------|-----|
| a.14 | FG (12) | array real | MEF |
|------|---------|------------|-----|

Contém as reações nodais dos elementos da malha. Os valores são armazenados por nó, em blocos de 3 palavras

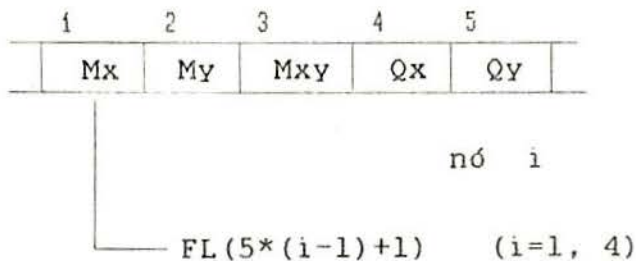


palavra informação

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 | reação vertical na direção Z |
| 2 | reação angular em torno de X |
| 3 | reação angular em torno de Y |

| | | | |
|------|---------|------------|-----|
| a.15 | FL (20) | array real | MEF |
|------|---------|------------|-----|

Contém os esforços nodais dos elementos da malha. Os valores são armazenados por nó em blocos de 5 palavras :



palavra informação

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | momento fletor na direção X |
| 2 | momento fletor na direção Y |
| 3 | momento torsor XY |
| 4 | esforço cortante na direção X |
| 5 | esforço cortante na direção Y |

| | | | |
|------|----------|---------------|--------|
| a.16 | IBOL (7) | array inteiro | ANALAJ |
|------|----------|---------------|--------|

Contém os dados relativos aos bordos livres de cada laje. O armazenamento é feito em blocos de 7 palavras.

| | |
|---|-----------|
| 1 | 2-7 |
| N | sub-bloco |

palavra informação

1 nº de bordos livres
2-7 nº do(s) bordo(s) livre(s)

| | | | |
|------|------------|---------------|--------|
| a.17 | IEX (MXEX) | array inteiro | LAJVIG |
|------|------------|---------------|--------|

Contém os índices para os blocos de vigas dos eixos X em EXC.

IEX (i) armazena o nº da palavra de EXC em que inicia o bloco de vigas X do eixo Xi

| | | | |
|------|------------|---------------|--------|
| a.18 | IEY (MXEY) | array inteiro | LAJVIG |
|------|------------|---------------|--------|

Contém os índices para os blocos de vigas dos eixos Y em EYC.

IEY (i) armazena o nº da palavra em EYC em que inicia o bloco de vigas Y do eixo Yi

| | | | |
|------|------------|---------------|--------|
| a.19 | IORD (MXV) | array inteiro | ARVORE |
|------|------------|---------------|--------|

Contem os índices para os blocos de dados das vigas no array ORDEM.

IORD (i) armazena o nº da palavra em ORDEM em que inicia o bloco de dados da laje i

obs : Caso IORD(i) = 0 : viga i é terciária
 (não recebe cargas concentradas)
 IORD(i) = -1 : viga i é primária
 (pertence aos pórticos planos)

| | | | |
|------|------------|---------------|--------|
| a.20 | IREL (MXL) | array inteiro | LAJVIG |
|------|------------|---------------|--------|

Contem os índices para os blocos de dados das lajes em EXLA.

IREL(i) armazena o nº da palavra em EXLA em que inicia o bloco de dados da laje i

| | | | |
|------|-----------|---------------|--------|
| a.21 | IVIC (15) | array inteiro | FORAUX |
|------|-----------|---------------|--------|

Contem os índices para os blocos de dados das vigas em AUX.

IVIC(i) armazena o nº da palavra em AUX em que inicia o bloco de dados do vão i da viga contínua.

| | | | |
|------|-----------|---------------|--------|
| a.22 | IVINC (6) | array inteiro | REACAO |
|------|-----------|---------------|--------|

Contem os dados relativos às vinculações dos bordos de cada laje. O armazenamento é feito em bloco de 6 palavras.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 |

palavra informação

i vinculação da borda i da laje
 código : 0 apoio
 1 engaste
 2 livre

| | | | |
|------|---------------------|------------|--------|
| a.23 | LAJES (9,MXL,MXCPI) | array real | ANALAJ |
|------|---------------------|------------|--------|

Contem 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 |

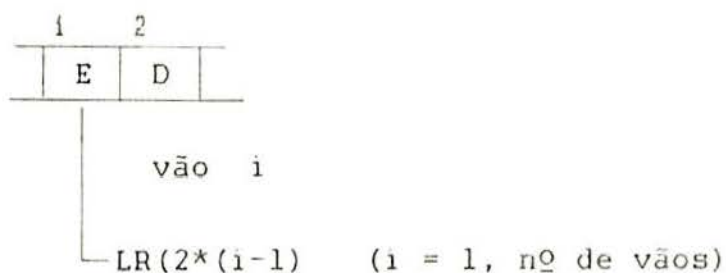
palavra informação

1 nº do eixo X da borda 1
 2 nº do eixo Y da borda 2
 3 nº do eixo X da borda 3
 4 nº do eixo Y da borda 4
 5 nº do eixo X da borda 5
 6 nº do eixo Y da borda 6
 7 vinculação das bordas
 8 método de cálculo
 código : 1 Marcus
 2 Linhas de Ruptura
 3 Elementos Finitos
 9 espessura

- obs : 1) este array faz parte da estrutura de dados da linguagem orientada [5].
- 2) sempre que a rotina ANALAJ é executada os dados de cada laje são armazenados no array real PLAJES(9) , que conterà exatamente o bloco de dados acima descrito.

| | | | |
|------|---------|------------|--------|
| a.24 | LR (30) | array real | VICPAR |
|------|---------|------------|--------|

Armazena os coeficientes E e D necessários para a formação do vetor de cargas de uma viga contínua. O armazenamento é feito para cada vão da viga contínua, em blocos de 2 palavras.



palavra informação

- 1 coeficiente E para o vão i
- 2 coeficiente D para o vão i

| | | | |
|------|-------|------------|--------|
| a.25 | M (8) | array real | ANALAJ |
|------|-------|------------|--------|

Contem os valores dos momentos fletores para cada laje armazenados em blocos de 8 palavras.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mx | My | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |

palavra informação

- 1 máximo momento fletor positivo na dir. X
- 2 máximo momento fletor negativo na dir. Y
- 3-8 momentos fletores negativos nas bordas de 1 a 6

| | | | |
|------|---------------|------------|--------|
| a.26 | ORDEM (MXV*7) | array real | ARVORE |
|------|---------------|------------|--------|

Contem os dados relativos às cargas concentradas que atuam sobre uma determinada viga. O armazenamento é feito em blocos de tamanho variável na seguinte forma.

| | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|-----|----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ... | 2n | 2n+1 |
| N | V1 | D1 | V2 | D2 | ... | Vn | Dn |

viga i



palavra informação

- 1 nº de cargas concentradas sobre a viga i
- 2 nº da primeira viga
- 3 distância ao eixo da viga i
- 4 nº da segunda viga
- ·
- ·

| | | | |
|------|---------------|------------|-----|
| a.27 | RBLOC (3,144) | array real | MEF |
|------|---------------|------------|-----|

Armazena a matriz de rigidez que identifica cada bloco de elementos do array BLOC. Este armazenamento é feito de forma consecutiva, linha à linha, da matriz de rigidez RIG [12x12].

| | | | |
|---------|---------|-----|----------|
| linha 1 | linha 2 | ... | linha 12 |
|---------|---------|-----|----------|

bloco de elementos i ($i = 1, 3$)

| | | | |
|------|---------|------------|--------|
| a.28 | REA (6) | array real | REACAO |
|------|---------|------------|--------|

Contem os dados relativos às reações de cada laje. O armazenamento é feito em bloco de 6 palavras.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 |

palavra informações

i taxa de reação por unidade de comprimento na borda i

| | | | |
|------|-------------|------------|-----|
| a.29 | RIG (12,12) | array real | MEF |
|------|-------------|------------|-----|

Armazena os valores da matriz de rigidez [12x12] de cada elemento da malha, obtida, genericamente, para cada conjunto de elementos definido pelo array BLOC.

obs : este array é também chamado de ELM

| | | | |
|------|-------------|---------------|--------|
| a.30 | RLAD (6,10) | array interno | RESNOD |
|------|-------------|---------------|--------|

Contem os números dos nós de fronteira da malha de elementos finitos coincidentes com os bordos da laje. Os dados relativos a cada bordo são armazenados em um bloco de tamanho variável, com no máximo 10 palavras, da seguinte forma

| | | | | |
|----|----|----|-----|----|
| 1 | 2 | 3 | ... | 10 |
| NN | N1 | N2 | ... | N9 |

bordo i

palavra informações

1 números de nós incidentes no bordo i
2-10 lista de nós

| | | | |
|------|------------|---------------|--------|
| a.31 | RNOD (128) | array inteiro | RESNOD |
|------|------------|---------------|--------|

Contem as restrições nodais dos nós de contorno da laje. Os dados são armazenados por nó em blocos de 4 palavras.

| | | | |
|----|---|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| NO | W | Ox | Oy |

nó de contorno i

— RNOD(4*(i-1)+1) (i = 1, NBN)

palavra informação

1 nº do nó de contorno
2 código: deslocamento vertical
3 código: deslocamento angular em torno de X
4 código: deslocamento angular em torno de Y

onde : código ---> = 0 : deslocamento restringido
 = 1 : deslocamento liberado

| | | | |
|------|------------|------------|--------|
| a.32 | RV (MXV*4) | array real | ARVORE |
|------|------------|------------|--------|

Armazena para cada viga as suas vigas de apoio que receberão as reações. Cada bloco é formado por 4 palavras.

| | | | |
|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| V1 | D1 | V2 | D2 |

viga i

palavra informação

- | | |
|---|---|
| 1 | nº da viga que serve de apoio esquerdo à viga i |
| 2 | distância da viga i ao eixo inicial de V1 |
| 3 | nº da viga que serve de apoio direito à viga i |
| 4 | distância da viga i ao eixo inicial de V2 |

| | | | |
|------|----------|------------|--------|
| a.33 | SEC (21) | array real | STATIC |
|------|----------|------------|--------|

Contem informações relativas ao posicionamento das seções de cálculo em uma viga.

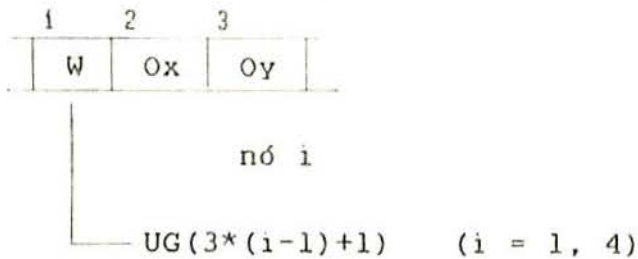
| | | | | | |
|---|----|----|----|-----|-----|
| i | 2 | 3 | 4 | | n+1 |
| N | L1 | L2 | L3 | ... | Ln |

palavra informação

- | | |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | nº de seções de cálculo (máximo = 20) |
| 2-(n+1) | distância da seção ao apoio esquerdo |

| | | | |
|------|---------|------------|-----|
| a.36 | UG (12) | array real | MEF |
|------|---------|------------|-----|

Contem os deslocamentos nodais dos elementos da malha. Os valores são armazenados por nó em blocos de 3 palavras.

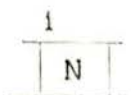


palavra informação

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 | deslocamento vertical na direção Z |
| 2 | deslocamento angular em torno de X |
| 3 | deslocamento angular em torno de Y |

| | | | |
|------|-----------|------------|--------|
| a.37 | VIP (MXV) | array real | ANASEC |
|------|-----------|------------|--------|

-- Indica para cada viga a viga contínua a que pertence. Cada bloco é formado por 1 palavra.



viga i

palavra informação

- | | |
|---|---|
| 1 | nº da viga contínua a que pertence a viga i |
|---|---|

obs : caso VIP(i) = 0 ---> viga i é uma viga isolada

| | | | |
|------|--------|------------|-------|
| a.38 | X (81) | array real | GECOR |
|------|--------|------------|-------|

Contem as ordenadas X dos nós da malha de elementos finitos relativas a um dos vértices da laje, tomado como origem.

| |
|----------------|
| ⁱ |
| X _i |

nó i

palavra informação

1 ordenada X do nó i

| | | | |
|------|--------|------------|--------|
| a.39 | XL (6) | array real | ANALAJ |
|------|--------|------------|--------|

Armazena as ordenadas locais X dos vértices de cada laje em blocos de 6 palavras.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |

palavra informação

i ordenada local do vértice i da laje

| | | | |
|------|--------|------------|-------|
| a.40 | Y (81) | array real | GECOR |
|------|--------|------------|-------|

Contem as ordenadas Y dos nós da malha de elementos finitos relativas a um dos vértices da laje, tomados como origem.

| |
|----------------|
| i |
| Y _i |

nó i

palavra informação

i ordenada Y do nó i

| | | | |
|------|--------|------------|--------|
| a.41 | YL (6) | array real | ANALAJ |
|------|--------|------------|--------|

Armazena as ordenadas locais Y dos vértices de cada laje em blocos de 6 palavras.

| | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Y ₁ | Y ₂ | Y ₃ | Y ₄ | Y ₅ | Y ₆ |

palavra informação

i ordenada local do vértice i da laje

| | | | |
|------|--------|------------|-------|
| a.40 | Y (81) | array real | GECOR |
|------|--------|------------|-------|

Contem as ordenadas Y dos nós da malha de elementos finitos relativas a um dos vértices da laje, tomados como origem.

| |
|----|
| i |
| Yi |

nó i

palavra informação

i ordenada Y do nó i

| | | | |
|------|--------|------------|--------|
| a.41 | YL (6) | array real | ANALAJ |
|------|--------|------------|--------|

Armazena as ordenadas locais Y dos vértices de cada laje em blocos de 6 palavras.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| i | -2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 |

palavra informação

i ordenada local do vértice i da laje

b. COMMON/BLOC04/

Algumas variáveis foram alocadas com a utilização de COMMON, visando, principalmente, diminuir o número de parâmetros em várias rotinas que as utilizam. Todas estas variáveis são criadas quando da solução através do Método de Elementos Finitos. O armazenamento é feito como segue.

| POSIÇÃO | ESTRUTURA | TIPO |
|---------|-----------|---------|
| 1 | NDF | inteiro |
| 2 | NNE | inteiro |
| 3 | NLMX | inteiro |
| 4 | NCMX | inteiro |
| 5 | NE | inteiro |
| 6 | NN | inteiro |
| 7 | NBN | inteiro |
| 8 | NGL | inteiro |
| 9 | MS | inteiro |

Assim, mantendo-se a mesma convenção utilizada em [5], a identificação destas variáveis é feita da seguinte forma, onde 'rotina' indica a rotina na qual a variável é definida.

| item | nome da variável | tipo | bloco COMMON | rotina |
|------|------------------|------|--------------|--------|
|------|------------------|------|--------------|--------|

| | | | | |
|-----|-----|---------|----------|-----|
| b.1 | NDF | inteiro | /BLOC04/ | MEF |
|-----|-----|---------|----------|-----|

número de graus de liberdade por nó
valor padrão = 3

| | | | | |
|-----|-----|---------|----------|-----|
| b.2 | NNE | inteiro | /BLOC04/ | MEF |
|-----|-----|---------|----------|-----|

número de nós do elemento
valor padrão = 4

| | | | | |
|-----|------|---------|----------|-----|
| b.3 | NLMX | inteiro | /BLOC04/ | MEF |
|-----|------|---------|----------|-----|

número de linhas da matriz de rigidez global
valor padrão = 243

| | | | | |
|-----|------|---------|----------|-----|
| b.4 | NCMX | inteiro | /BLOC04/ | MEF |
|-----|------|---------|----------|-----|

número de colunas da matriz de rigidez global
valor padrão = 33

| | | | | |
|-----|----|---------|---------|-------|
| b.5 | NE | inteiro | /BLOC04 | GECON |
|-----|----|---------|---------|-------|

número de elementos da malha
valor padrão = 64 (laje retangular)

| | | | | |
|-----|----|---------|----------|-------|
| b.6 | NN | inteiro | /BLOC04/ | GECOR |
|-----|----|---------|----------|-------|

número de nós da malha
valor padrão = 81 (laje retangular)

| | | | | |
|-----|-----|---------|----------|--------|
| b.7 | NBN | inteiro | /BLOC04/ | RESNOD |
|-----|-----|---------|----------|--------|

número de nós de contorno
valor padrão = 32

| | | | | |
|-----|-----|---------|----------|-------|
| b.8 | NGL | inteiro | /BLOC04/ | GECOR |
|-----|-----|---------|----------|-------|

número de graus de liberdade total da malha
valor padrão = NN*NDF

| | | | | |
|-----|----|---------|----------|-------|
| b.9 | MS | inteiro | /BLOC04/ | SLBSI |
|-----|----|---------|----------|-------|

semi-largura de banda da matriz de rigidez

c. Variáveis Simples

Todas as principais variáveis simples utilizadas pelo módulo da Análise Secundária estão descritas a seguir, dando-se ênfase aquelas que servem de parâmetros a várias rotinas do sistema. Outras que não forem aqui abordadas estão descritas em [5].

| | | |
|-----|----|---------|
| c.1 | IC | inteiro |
|-----|----|---------|

número do estado de carga atual

| | | |
|-----|------|---------|
| c.2 | ICLA | inteiro |
|-----|------|---------|

-- código do tipo de laje : 0 ---> laje retangular
 1 ---> laje em 'ELE'

| | | |
|-----|------|---------|
| c.3 | ICPI | inteiro |
|-----|------|---------|

número da classe de piso atual

| | | |
|-----|----|---------|
| c.4 | IE | inteiro |
|-----|----|---------|

número do eixo

| | | |
|-----|----|---------|
| c.5 | IL | inteiro |
|-----|----|---------|

número da laje

| | | |
|-----|-----|---------|
| c.6 | IPI | inteiro |
|-----|-----|---------|

número do piso

| | | |
|-----|-------|---------|
| c.7 | IPOVC | inteiro |
|-----|-------|---------|

apontador para cada vão de uma viga contínua

| | | |
|-----|----|---------|
| c.8 | IV | inteiro |
|-----|----|---------|

número da viga

| | | |
|-----|-----|---------|
| c.9 | JJJ | inteiro |
|-----|-----|---------|

número do bloco de elementos de mesma geometria da malha de elementos finitos

| | | |
|------|-----|------|
| c.10 | LX1 | real |
|------|-----|------|

dimensão X dos elementos da malha situados entre o vértice inicial e o vértice interno

| | | |
|------|-----|------|
| c.11 | LX2 | real |
|------|-----|------|

dimensão X dos elementos da malha situados entre o vértice interno e vértice final

| | | |
|------|-----|------|
| c.12 | LY1 | real |
|------|-----|------|

dimensão Y dos elementos da malha situados entre o vértice inicial e o vértice interno

| | | |
|------|-----|------|
| c.13 | LY2 | real |
|------|-----|------|

dimensão Y dos elementos da malha situados entre o vértice interno e o vértice final

| | | |
|------|------|---------|
| c.14 | NCPI | inteiro |
|------|------|---------|

número de classes de pisos (valor máximo = 3)

| | | |
|------|-----|---------|
| c.15 | NEL | inteiro |
|------|-----|---------|

número do elemento finito da malha

| | | |
|------|----|---------|
| c.16 | NI | inteiro |
|------|----|---------|

número do vértice interno da malha

| | | |
|------|----|---------|
| c.17 | NL | inteiro |
|------|----|---------|

maior número de lajes por classe de piso definido no problema

| | | |
|------|----|---------|
| c.18 | NV | inteiro |
|------|----|---------|

maior número de vigas por classe de piso definido no problema

| | | |
|------|------|---------|
| c.19 | NVAO | inteiro |
|------|------|---------|

número de vãos da viga contínua

| | | |
|------|-----|---------|
| c.20 | NX1 | inteiro |
|------|-----|---------|

número de intervalos da malha de elementos na direção X entre os vértices inicial e interno

| | | |
|------|-----|---------|
| c.21 | NX2 | inteiro |
|------|-----|---------|

número de intervalos da malha de elementos na direção X entre os vértices interno e final

| | | |
|------|-----|---------|
| c.22 | NY1 | inteiro |
|------|-----|---------|

número de intervalos da malha de elementos na direção Y entre os vértices inicial e interno

| | | |
|------|-----|---------|
| c.23 | NY2 | inteiro |
|------|-----|---------|

número de intervalos da malha de elementos da direção Y entre os vértices interno e final

| | | |
|------|----|------|
| c.24 | M1 | real |
|------|----|------|

momento hiperestático no apoio esquerdo de uma viga isolada

| | | |
|------|----|------|
| c.25 | M2 | real |
|------|----|------|

momento hiperestático no apoio direito de uma viga isolada

| | | |
|------|----|---------|
| c.26 | R3 | inteiro |
|------|----|---------|

código do apoio esquerdo de uma viga isolada

| | | |
|------|----|---------|
| c.27 | R4 | inteiro |
|------|----|---------|

código do apoio direito de uma viga isolada

| | | |
|------|-----|------|
| c.28 | RX1 | real |
|------|-----|------|

comprimento da laje na direção X do vértice inicial até o vértice interno

| | | |
|------|-----|------|
| c.29 | RX2 | real |
|------|-----|------|

comprimento da laje na direção X do vértice interno até o vértice final

| | | |
|------|-----|------|
| c.30 | RY1 | real |
|------|-----|------|

comprimento da laje na direção Y do vértice inicial até o vértice interno

| | | |
|------|-----|------|
| c.31 | RY2 | real |
|------|-----|------|

comprimento da laje na direção Y do vértice interno até o vértice final

| | | |
|------|----|------|
| c.32 | X1 | real |
|------|----|------|

momento em uma viga em balanço com apoio à direita

| | | |
|------|----|------|
| c.33 | X2 | real |
|------|----|------|

momento em uma viga em balanço com apoio à esquerda

B I B L I O G R A F I A

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. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . Projeto e Execução de obras de concreto armado: NBR-6118/82. Rio de Janeiro, 1982.
3. BREBBIA, C.A. FERRANTE, A.J. Computacional methods for the solution of engeneering problems. London, Pentech Press, 1978.
4. _____ . The finite element technique. Porto Alegre, Ed. da UFRGS, 1975.
5. BRODBECK, Henrique J. Linguagem orientada e estrutura de dados para projeto automático de edifícios. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, 1982.
6. CHAMECKI, S. Cálculo, no regime de ruptura, das lajes de concreto armado em cruz. Curitiba, Ed. Guaira, 1948.
7. COMITÉ EUROPEEN DU BETON. Manuel de calcul CEF-FIP "Calcul et limitation des fleches". Paris, 1972. (Bulletin d' Information, 81)
8. DUBINSKY, A.M. Calculo de losas por el metodo de las lineas de rotura. Montevideo, Techí Ciencia, 1964.

9. ELLWANGER, Ronald J. Projeto automático de edifícios. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, 1979. Diss. maestr.
10. FERRANTE, A.J. et alii. A Linguagem LORANE LINEAR para análise estrutural por computador. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, 1977.
11. _____. Sistema LEBRE, Linguagem Educacional Brasileira para Engenharia: manual do usuário. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, s.d.
12. HAHN, J. Vigas contínuas, pórticos, placas y vigas flotantes sobre lecho elástico. 2.ed.rev. Barcelona, Gustavo Gili, 1972.
13. HUMAR, J.L. & KHANDOKER, J.U. A computer program for three-dimensional analysis of buildings. Computers & Structures, London, 11:369-387, may 1980.
14. JIMENEZ MONTOYA, P.; GARCIA MESEGNER, A.; MORAN CABRE, F. Homigón Armado. 10.ed. Barcelona, Gustavo Gili, 1979.
15. JOHANSEN, K.W. Linhas de Ruptura: teoria e prática. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1962.
16. _____. Yield-line formulae for slabs. London, Cement and Concrete Association, 1972.
17. JONES, L.L. & WOOD, R.H. Yeld-line analysis of slabs. London, Thames & Hudson, 1967.
18. 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.
19. LANGENDONCK, T. von. Teoria elementar das chaneiras plásticas. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 1975. v.1 e v.2.

20. LEONHARDT, F. & MONNIG, E. Construções de concreto. Rio de Janeiro, Interciência, 1977-79. v.1, v.2 e v.4.
21. LOSER, B. Hormigón armado: procedimientos de cálculo con tablas y ejemplos numéricos. Buenos Aires, El Ateneo, 1949.
22. MASSARO Jr., Mario. Manual de concreto armado (de acordo com a NB-1/78): estruturas de concreto. São Paulo, Weber Prod. Graf., 1980. 2v.
23. POLILLO, A. Dimensionamento de concreto armado. Rio de Janeiro, Ed. Científica, 1974. v.2.
24. PROMON ENGENHARIA. Tabelas para dimensionamento de concreto armado (segundo a NB-1/76). São Paulo, McGraw-Hill 1976.
25. 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.
26. 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.
27. SARRAZIN, Mauricio & GIUGLIANI, Eduardo. Projeto de Lajes e Vigas Secundárias no Sistema PROADE. in XXI JORNADAS SUL AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, Rio de Janeiro, 1981. Anais. v III : 317-336.
28. 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.

29. WOLF, Ivo. Dimensionamento de lajes de concreto armado pelo método das linhas de ruptura. Estrutura, Rio de Janeiro, 7(30):273-310, 1960.
30. ZIENKIEWICZ, O.C. The finite element method in engineering science. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1971.

ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

ESCOLA DE ENGENHARIA