

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE PROGRAMAÇÃO POR
OBJETIVOS PARA PLANEJAMENTO EM CRÉDITO INDUSTRIAL

TESE SUBMETIDA À APRECIÇÃO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
"MESTRE EM CIÊNCIAS"
EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - OPÇÃO PRODUÇÃO

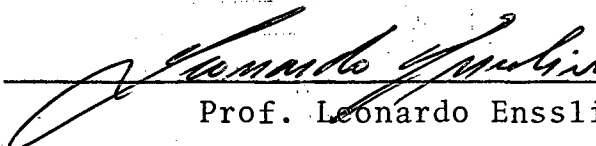
NELSON CASAROTTO FILHO

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
NOVEMBRO - 1977

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE

"MESTRE EM CIÊNCIAS"

E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO ORIENTADOR
E PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.



Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.

Orientador



0.249.170-4

UFSC-BU



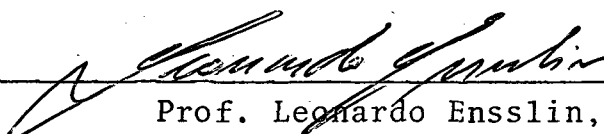
Prof. Raul Valentim da Silva, M.Sc.

Coordenador dos Programas de Pós-
Graduação em Engenharia Industrial

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Roberto Francisco Krischer, M.Sc.



Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.



Prof. John R. Mackness, Ph.D.



Prof. Raul Valentim da Silva, M.Sc.

À ROSANGELA

A G R A D E C I M E N T O S

Pela colaboração para a realização deste trabalho, meus agradecimentos aos Professores LEONARDO ENSSLIN e ROBERTO FRANCISCCO KRISCHER.

R E S U M O

Com este trabalho, pretende-se dar uma contribuição às Agências de Desenvolvimento na solução de seu problema de alocação de recursos entre os diversos ramos industriais em que atuam.

A técnica utilizada pode otimizar os vários objetivos da Agência tais como: Geração de Empregos, Incremento do Valor da Produção ou Geração de Impostos, fornecendo como resultado o quanto a Agência deve aplicar em cada ramo industrial para satisfazer seus objetivos.

Foi adotada a técnica de Programação por Objetivos por sua versatilidade pois além de admitir vários objetivos numa mesma Função - Objetivo, estes objetivos podem ser postos em ordem de prioridade ou ponderados conforme sua importância, evitando um conflito de metas. A técnica também pode possibilitar uma ampla análise de sensibilidade, ampliando o campo de decisões do analista.

Um exemplo de utilização, formulado com dados hipotéticos, é apresentado para mostrar as potencialidades da técnica.

O modelo pode proporcionar um bom plano de aplicação para as Agências que, associado a outras diretrizes de atuação próprias tais como Desenvolvimento de Tecnologia ou Apoio Gerencial, por exemplo, determinaria um consequente bom plano de ação. Os resultados mostrariam melhoras não só quantitativas mas também qualitativas no retorno das aplicações, em forma de desenvolvimento.

S U M M A R Y

The objective of this thesis is to make a contribution to Development Agencies in their job of allocating resources to various industrial sectors.

The Technique used has to be able to optimise the various objectives of the Agency such as creation of jobs, increasing production or raising taxes, resulting in the definition of how much money must be spent in each sector to achieve its objectives.

The technique adopted, because of its versatility, is Goal Programming. Besides allowing several objectives to be included in the Objective Function, using this technique the objectives can be ranked in their order of priority or weighted according to their importance, preventing a conflict of aims. The technique also enables a wide-ranging analysis of sensitivity to aid the decision taking process of the analyst.

An example of the use of the technique, using hypothetical data, is presented in order to show its potential.

The model, when associated with individual Agency programmes such as the development of technology or management training or development, enables the formulation of a sound investment plan. The results show quantitative and qualitative improvements in the application of investment funds to develop industry.

S U M Á R I O

| | <u>PAG.</u> |
|--|-------------|
| 1 - INTRODUÇÃO | |
| 1.1. Propósito e importância do estudo | 2 |
| 1.2. Métodos de pesquisa | 3 |
| 1.3. Desenvolvimento do estudo | 3 |
| 1.4. Limitações do estudo | 4 |
| 1.5. Apresentação da Programação por Objetivos | 4 |
| 2 - PROGRAMAÇÃO POR OBJETIVOS COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO | |
| 2.1. O problema do planejamento | 7 |
| 2.2. O porquê da utilização da Programação por objetivos | 10 |
| 3 - O MODELO MATEMÁTICO | |
| 3.1. Desenvolvimento do modelo matemático | 13 |
| 3.1.1. Indexação | 13 |
| 3.1.2. Parâmetros | 13 |
| 3.1.3. Variáveis | 14 |
| 3.1.4. Equações | 14 |
| 3.1.5. Função - objetivo | 16 |
| 3.2. Exemplo de utilização do modelo | 19 |
| 4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |
| APÊNDICE I | 38 |
| APÊNDICE II | 45 |

F I G U R A S

PAG.

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Esquema básico de resolução do problema.... | 9 |
| Figura 2 - Fluxograma das operações para utilização do modelo | 18 |

T A B E L A S

| | PAG. |
|---|------|
| Tabela 1 - Aplicações da Agência no último ano | 19 |
| Tabela 2 - Capacidades máximas de absorção de financiamento | 21 |
| Tabela 3 - Índices dos ramos industriais | 21 |
| Tabela 4 - Definição das variáveis | 22 |
| Tabela 5 - Resultados para a formulação nº 1 | 25 |
| Tabela 6 - Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 1 | 26 |
| Tabela 7 - Resultados para a formulação nº 2 | 27 |
| Tabela 8 - Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 2 | 28 |
| Tabela 9 - Resultados obtidos para a formulação nº 3 | 29 |
| Tabela 10- Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 3 | 30 |
| Tabela 11- Resultados obtidos para a formulação nº 4 | 30 |
| Tabela 12- Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 4 | 31 |

Q U A D R O S

PAG.

Quadro 1 - Formulação nº 1

23

CAPÍTULO 1
=====

INTRODUÇÃO

1.1. Propósito e importância do estudo

O propósito do presente trabalho de dissertação é o de levar ao conhecimento dos administradores, notadamente aqueles ligados ao planejamento para a aplicação dos recursos das Agências de Desenvolvimento em crédito industrial, a possibilidade de se utilizarem dos modelos matemáticos existentes dentro da área de Pesquisa Operacional, como instrumentos de grande ajuda para a definição dos planos e conseqüentemente para um melhor apoio para as suas tomadas de decisões.

Este trabalho trata especificamente de uma técnica a ser utilizada como instrumento de planejamento das aplicações de recursos das Agências de Desenvolvimento. A escolha do melhor "portfolio" de investimentos representará um plano mais eficiente de aplicações o qual será traduzido por um maior desenvolvimento regional por cruzeiro investido e com a conseqüente maior valorização da Agência de Desenvolvimento.

Estudou-se portanto, um modelo capaz de determinar qual o plano de aplicações que propicie o maior desenvolvimento possível dentro das restrições impostas pelas limitações financeiras, tecnológicas, humanas e funcionais, considerando-se também políticas internas de operação da Agência. O referido desenvolvimento pode significar um conjunto de metas econômicas desejadas tais como incremento do valor da produção da região, empregos gerados, incremento nas exportações, etc. O plano deve mostrar o quanto a Agência deve aplicar em cada segmento industrial, dentro de cada período do horizonte de planejamento, para que melhor possa satisfazer as metas econômicas, previamente definidas, bem como, as restrições intrínsecas do problema.

Dentre os inúmeros modelos matemáticos estudados em Pesquisa Operacional, um deles destaca-se dos demais para a análise deste problema. Trata-se da Programação por Objetivos. Esta técnica, dado suas características multidimensionais para analisar os objetivos a que o estudo se propõe atender, bem como a flexibilidade com que analisa as restrições e a ampla análise de sensibilidade que permite, confere ao modelo excelentes credenciais para ser utilizado pelos administradores, como ajuda, para a tomada de decisões na escolha do melhor "portfólio" de investimento.

1.2. Métodos de pesquisa

A pesquisa teórica, para estabelecer este modelo, foi realizada pelo autor, na Universidade Federal de Santa Catarina como resultado de debates, seminários e estudos durante o curso de Tópicos Especiais em Engenharia Industrial. A ilustração prática foi elaborada a partir de um exemplo hipotético, com o propósito de mostrar o potencial e forma de utilização do modelo matemático, apresentado como ajuda para a tomada de decisões de definição do plano de aplicações mais eficiente para o desenvolvimento de uma região.

1.3. Desenvolvimento do estudo

No segundo capítulo é apresentado o problema do planejamento nas Agências de Desenvolvimento e as justificativas para a utilização da Programação por Objetivos como técnica de otimização no modelo matemático.

O terceiro capítulo apresenta o modelo matemático e as necessárias explicações para sua melhor utilização. Um exemplo de aplicação ilustra o capítulo apresentando a formulação e análise dos resultados.

O quarto capítulo apresenta algumas conclusões gerais sobre o estudo elaborado.

1.4. Limitações do Estudo

As limitações deste estudo são inerentes às limitações da própria técnica de Programação por Objetivos:

a) Linearidade, pois Programação por Objetivos é uma extensão de Programação Linear. Tanto a função - objetivo como as demais equações devem ser lineares. A utilização dos recursos deve ser proporcional aos objetivos, individualmente para cada atividade.

b) Divisibilidade, pois a solução pode apresentar valores não inteiros.

c) Determinístico, pois os coeficientes das variáveis não podem estar sujeitos a distribuições de probabilidade.

Como será constatado no exemplo de utilização do modelo (item 3.2), nenhuma destas restrições afeta a resolução de um problema desta natureza.

1.5. Apresentação da Programação por Objetivos

Programação por objetivos é uma técnica relativamente recente que pode ser considerada como uma extensão a Programação Linear. Sua grande virtude está em poder propiciar o tratamento de várias metas simultaneamente numa certa ordem de prioridade dentro de um mesmo problema o que não era possível com a Programação Linear.

O modelo original (determinístico) pode ser apresentado sob a seguinte forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^k P_i (d_i^- + d_i^+) \quad (1-1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^m a_{ij} X_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i; \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (1-2)$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} X_{ij} \leq b_i; \quad (i = k + 1, k + 2, \dots, n) \quad (1-3)$$

$$x_{ij}, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (1-4)$$

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0$$

onde: X_{ij} ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$) são as variáveis do problema.

a_{ij} ($i=1, \dots, n$; $j=1, \dots, m$) são os coeficientes das variáveis (conhecidos).

b_i ($i= 1, \dots, n$) são os termos independentes das equações (conhecidos).

d_i^-, d_i^+ ($i = 1, \dots, k$) são as variáveis de folga.

P_i ($i = 1, \dots, k$) são os níveis de prioridade dos objetivos.

A equação (1-1) é a função - objetivo. O conjunto (1-2) é composto pelas equações objetivo e o conjunto (1-3) é composto pelas equações de restrição.

O problema pode ser resolvido por um método semelhante ao simplex.

Recentemente Krischer (5) propôs um tratamento para o caso dos coeficientes das variáveis estarem sujeitos a distribuições simétricas. Uma aplicação bastante semelhante foi utilizada por Coelho (6) na área de Planejamento da Produção na indústria têxtil. Ambos os trabalhos foram desenvolvidos no departamento de Engenharia Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina.

C A P I T U L O 2
= = = = = = = = =

PROGRAMAÇÃO POR OBJETIVOS COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO

2.1. O problema do planejamento

As Agências de Desenvolvimento, nas atividades de crédito industrial, atuam como repassadoras de diversos fundos e programas de desenvolvimento e de seus próprios recursos com a finalidade de fomentar o desenvolvimento industrial na sua área geográfica de atuação. Cada fundo destina-se a determinados segmentos para o financiamento de investimentos em ativo operacional das empresas.

É de suma importância que a Agência consiga uma eficiente distribuição dos recursos entre os diversos segmentos de maneira a trazer para a sua região o seu objetivo básico que é o desenvolvimento. Este objetivo básico pode ser traduzido em função de várias metas econômicas e sociais tais como incremento do valor da produção, geração de novos empregos, incremento das exportações, geração de impostos, etc.

Então o problema de planejamento já pode ser melhor definido. Buscando atingir as metas desejadas para cada período do horizonte de planejamento, deve-se determinar como os recursos devem ser aplicados entre os diversos segmentos industriais para se chegar o mais próximo possível das metas desejadas. É um problema de minimização da diferença entre os resultados possíveis e as metas desejadas. Uma posterior análise de sensibilidade pode indicar os recursos necessários para alcançar integralmente as metas desejadas bem como o ganho adicional de cada recurso disponível. Isto pode se tornar num convincente argumento para que a Agência possa pleitear junto aos diversos fundos os recursos necessários para realizar o plano.

Evidentemente que determinadas restrições, internas ou externas, limitarão a região de soluções do problema. Devem

ser previstos os programas específicos para cada ramo da indústria. Através destes programas, quantias prē-estudadas são colocadas a disposição da Agência para o fortalecimento de determinados ramos.

Também deve ser prevista a política da Agência que limite inferiormente as aplicações em cada ramo da indústria a fim de manter uma continuidade nas aplicações, o que evitaria corte brusco de financiamento ou abandono de setores com desempenho econômico inferior.

As limitações superiores de financiamento a cada ramo da indústria serão decorrentes de suas repercussões no aumento de produção em confronto com as condições de mercado, necessidades técnicas, disponibilidade de insumos, bem como do porte do ramo para absorver financiamentos.

Interdependências dos ramos também devem ser consideradas no problema. Como exemplo, se um ramo utiliza-se de insumos fornecidos por outro, deve haver uma relação entre o crescimento de ambos para evitar carência de insumos de um lado ou carência de mercado do outro.

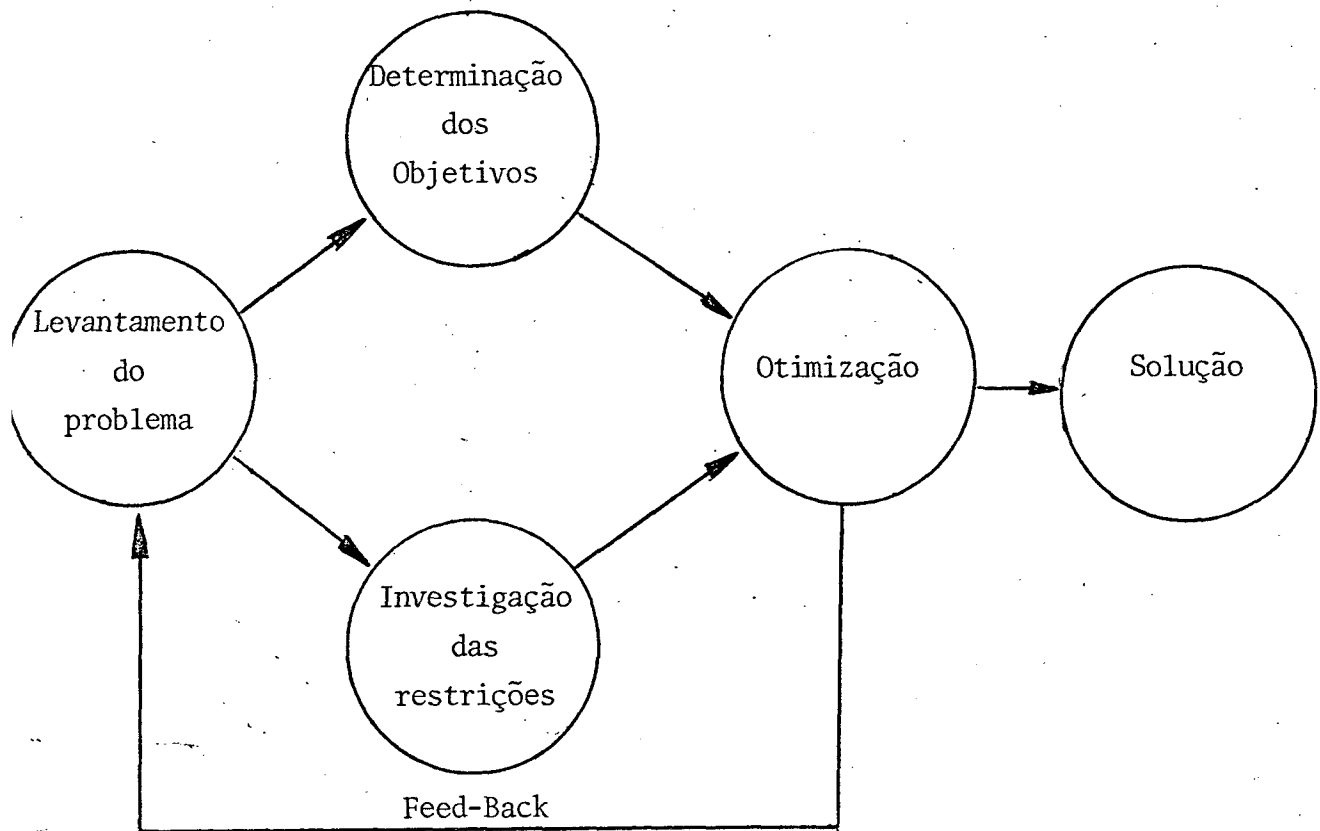
Em resumo, no levantamento do problema se determinará objetivos (metas, prioridades) e restrições. Disto resultará uma região de solução que deve ser otimizada. Ter-se-á então uma solução para o problema que se constituirá numa ótima ajuda para o decisor. Esquemáticamente isto pode ser visto através da figura número 1.

Como é visto, uma nova abordagem está sendo proposta para este problema. O estudo econômico deve ser orientado de maneira a possibilitar a quantificação dos objetivos e, então, a partir destes objetivos, resolver o problema do planejamento.

A mecânica da técnica para a otimização está baseada no fato de que cada segmento industrial possui certas características próprias de reação aos investimentos. Esta reação pode ser expressa sob forma de índices econômicos tais como: incremento do valor da produção anual por cruzeiro investido, empregos gerados por cruzeiro investido.

F I G U R A N º 1

Esquema básico de resolução do problema



Uma importante questão que surge é quanto aos critérios para agrupar as empresas. Sugere-se que as empresas sejam subdivididas primariamente pelas suas atividades básicas. Exemplificando: indústria têxtil, indústria cerâmica, indústria do mobiliário, indústria metalúrgica, etc. Seria a classificação que as enquadraria dentro dos diversos fundos, a classificação por ramos. Numa segunda classificação, dentro de cada ramo, as empresas devem ser subdivididas em grupos através de um critério que as indentifiquem entre si como possuindo um desempenho aproximado. Exemplificando novamente: se certas empresas de determinado ramo possuem em comum alguns pontos como alto grau de mecanização (gera poucos empregos, mas mantém elevada produtividade), baixo retorno sobre investimento e outros itens, elas podem ser agrupadas. Os critérios para a subdivisão podem ser os mais diversos: escala de produção, região, produtos, etc. A importância disto, está em que cada grupo possuirá índices médios que serão utilizados como coeficientes no modelo matemático (item 3.1.4), índices tais como: incremento do valor da produção anual, empregos gerados, incremento nas exportações, etc., sempre divididos pelo investimento em ativo operacional.

No Capítulo 4, Conclusões e Recomendações, é abordado o problema de obtenção dos dados para a elaboração do modelo.

2.2. O porquê da utilização da Programação por Objetivos

Já foi visto que o problema compõe-se de objetivos com prioridades e restrições que limitarão a área de solução e o que se busca é uma otimização da solução. Programação por objetivos pode solucionar este problema pois admite equações-objetivo e equações de restrição além de possibilitar uma escala de prioridades para o alcance dos objetivos. Isto evita o problema do conflito de objetivos. Possibilita também uma completa análise de sensibilidade do ganho incremental em função de cada recurso disponível a mais, ou de menor rigidez nas restri

ções internas ou de variações na estrutura de prioridades dos objetivos.

A Flexibilidade da técnica talvez seja seu principal ponto pois possibilita uma maior participação do decisor no problema através da escolha da estrutura de prioridades e da análise de sensibilidade, evitando assim soluções impraticáveis.

Uma outra vantagem sobre outras técnicas é a possibilidade de tratar unidades não homogêneas dentro de um único problema. Desta maneira, podem ser tratadas simultaneamente unidades monetárias, unidades de mão-de-obra, etc. Isto se deve ao fato da técnica analisar as prioridades minimizando desvios das equações independentemente das unidades de cada uma.

C A P Í T U L O 3
= = = = = = = = =

O MODELO MATEMÁTICO

3.1. Desenvolvimento do modelo matemático

3.1.1. Indexação

| | |
|-------------------------|--|
| $i = 1, \dots, n$ | ramos industriais (textil, mobiliário, etc.). |
| $j = 1, \dots, \bar{m}$ | grupos de empresas (subdivisão dos ramos). |
| $t = 1, \dots, s$ | períodos que compõem o horizonte de planejamento. |
| $z = 1, \dots, k$ | utilizado para a indexação dos tipos de índices econômicos dos diversos grupos de empresas (incremento do valor da produção, empregos gerados, incremento das exportações, impostos gerados, etc., divididos pelo investimento em ativo operacional) e dos tipos de metas econômicas (incremento do valor da produção anual, empregos gerados, etc.) |
| α | Conjunto de números utilizados para definir o nível de prioridade das metas econômicas, associado ao conjunto "z". |

3.1.2. Parâmetros

| | |
|-----------------|--|
| a_{zij} | índice econômico z do grupo j do ramo i. |
| \bar{a}_{zij} | índice econômico z do grupo j do ramo i previsto para após um programa. |
| $A_z(t)$ | meta econômica z desejável que seja propiciada pelos investimentos do período t. |
| $B_{ij}(0)$ | quantia aplicada no grupo j do ramo i no período zero. |
| $D(t)$ | quantia prevista a ser posta em disponibilidade para a Agência do período t. |
| $D(0)$ | quantia disponível ao fim do período zero. |
| r_{ij} | relação mínima desejável entre as quantias aplicadas em períodos subsequentes, |
| λ | fração média dos investimentos que é financiada pela Agência. |

| | |
|-------------------|--|
| $Q_i(t)$ | quantia que deve ser aplicada no ramo i no período t em programas específicos. |
| $E_{ij}(t)$ | demanda máxima de aplicações para o grupo j do ramo i no período t . |
| $S_{(ij;i^*j^*)}$ | relação de interdependência entre as aplicações no grupo i do ramo j com o grupo i^* do ramo j^* . |

3.1.3. Variáveis

| | |
|----------------|---|
| $X_{ij}(t)$ | Quantia a ser aplicada no grupo j do ramo i no período t . |
| $d_1^-(t)$ | saldo disponível ao final do período t . |
| $d_{2z}^-(t)$ | subalcance na meta $A_z(t)$ ou seja, o resultado que deverá ser obtido será inferior ao mínimo desejável. |
| $d_{2z}^+(t)$ | sobrealcance na meta $A_z(t)$ ou seja, o resultado que deverá ser obtido será superior ao mínimo desejável. |
| $d_{3ij}^-(t)$ | subalcance nas restrições de limitação inferior ou seja, para a solução obtida, as quantias aplicadas em cada grupo $[X_{ij}(t)]$ deverão ser inferiores ao mínimo desejável. |
| $d_{3ij}^+(t)$ | sobrealcance nas restrições de limitação inferior ou seja, para a solução obtida, as quantias aplicadas em cada grupo $[X_{ij}(t)]$ deverão ser superiores ao mínimo desejável. |
| $d_{4ij}^-(t)$ | subalcance nas restrições de limitação superior ou seja, diferença entre $E_{ij}(t)$ e $X_{ij}(t)$ obtido na solução. |

3.1.4. Equações

a) Programas específicos para determinados ramos:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij}(t) = Q_i(t) ; (i=1, \dots, n ; t=1, \dots, s) \quad (3-1)$$

Quantia a ser aplicada em programas = Quantia disponível para aplicar em programas.

b) Volume de Aplicações

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^s X_{ij}(t) + d_1^-(s) = D(0) + \sum_{t=1}^s D(t) + \sum_{i=1}^n Q_i(t) \quad (3-2)$$

Quantia total a ser aplicada + saldo ao final do último período = quantia disponível inicial + quantias postas em disponibilidade para aplicação a cada período + quantias para aplicações em programas.

Para um maior detalhamento, esta equação pode ser substituída por aplicações por período.

Período 1 (t=1):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}(1) + d_1^-(1) = D(0) + D(1) + \sum_{i=1}^n Q_i(1) \quad (3-3)$$

Período t (t=2, ..., s):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}(t) + d_1^-(t) = d_1^-(t-1) + D(t) + \sum_{i=1}^n Q_i(t) \quad (3-4)$$

Aplicações no período t + saldo para o período (t+1) = disponibilidade inicial + quantia posta em disponibilidade no período t + aplicações em programas no período t.

c) Metas econômicas mínimas desejáveis

$$\sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^m a_{zij} X_{ij}(t) + d_{2z}^-(t) - d_{2z}^+(t) = \lambda A_z(t)$$

$$(z=1, \dots, k ; t=1, \dots, s) \quad (3-5)$$

Resultado obtido ± folga = meta desejada

Quando já houver ocorrido um programa específico para um determinado ramo, passa-se a usar \bar{a}_{zij} para este ramo.

d) Restrições de limitação inferior

Período 1 (t=1):

$$X_{ij}(1) + d_{3i}^- (1) - d_{3i}^+ (1) = r_{ij} B_{ij} (0)$$

$$(i=1, \dots, n ; j=1, \dots, m) \quad (3-6)$$

Período t (t=2, ..., s):

$$X_{ij}(t) + d_{3i}^- (t) - d_{3i}^+ (t) = r_{ij} X_{ij} (t-1)$$

$$(i=1, \dots, n ; j=1, \dots, m) \quad (3-7)$$

Aplicação no período t para cada grupo \pm folga = aplicação mínima desejada

Estas restrições não necessitam ser obrigatoriamente de continuidade como apresentadas acima.

e) Restrições de limitação superior

$$X_{ij}(t) + d_{4ij}^- (t) = E_{ij}(t) \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m; \quad t=1,$$

$$\dots, s) \quad (3-8)$$

Aplicação no período t para cada grupo + folga = limite superior de aplicação

f) Restrições de interdependência

$$X_{ij}(t) = S_{(ij; i^* j^*)} X_{i^* j^*}(t) \text{ onde } i \neq i^* \text{ e/ou } j \neq j^*$$

$$(i = 1, \dots, n ; i^* = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, m; j^* = 1, \dots, m ; t = 1, \dots, s) \quad (3-9)$$

3.1.5. Função-Objetivo:

Necessário se faz uma definição da estrutura de prioridades, assim sugerida:

- a) Prioridade 1: aplicar todos os recursos disponíveis ou seja, minimizar $d_1^-(s)$.
- b) Prioridade 2: aplicar pelo menos o mínimo desejado em cada grupo ou seja, minimizar $d_{3ij}^-(t)$ para $i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$ e $t=1, \dots, s$.
- c) Prioridades 3, ...: atingir as metas econômicas ou seja, minimizar $d_{2z}^-(t)$ para $z=1, \dots, k$ e $t=1, \dots, s$

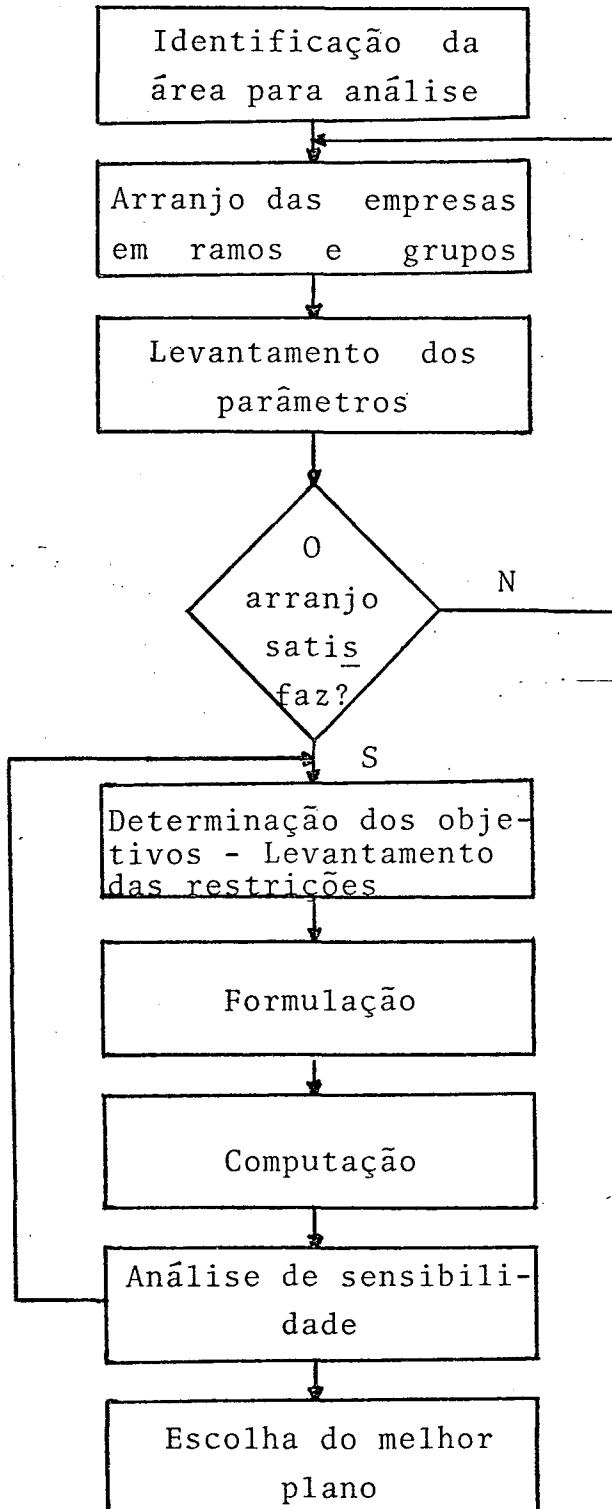
A função objetivo fica assim equacionada:

$$\text{Min } Z = P_1 d_1^-(s) + P_2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^s d_{3ij}^-(t) + \sum_{z=1}^k \{ P\alpha \sum_{t=1}^s (1/t) d_{2z}^-(t) \}$$

A fração $(1/t)$ colocada na última parcela da função-objeto tem a finalidade de conferir um peso de maior importância aos períodos mais próximos, mas sua colocação fica a critério do analista.

F I G U R A N º 2

Fluxograma das operações para utilização do modelo



O fluxograma da figura número 2 apresenta as operações para utilização do modelo. Duas etapas destacam-se em importância: o arranjo dos ramos e grupos e a análise de sensibilidade. No primeiro caso porque definirá as variáveis ou incógnitas dos problemas e dos seus parâmetros dependerá a significância dos resultados. No segundo caso porque pode possibilitar ao decisor maiores opções de escolha no estudo do ganho adicional por menor rigidez nas restrições ou por variação da ordem de prioridade dos objetivos ou ainda por cada recurso a mais disponível. Trataria então o decisor de obter os necessários recursos para a aplicação do plano conforme o enquadramento dos ramos nos fundos e programas.

3.2. Exemplo de utilização do modelo

Com a finalidade de ilustrar o trabalho, foi criado um exemplo hipotético onde o modelo é aplicado com algumas simplificações com finalidade didática como segue:

Uma Agência de Desenvolvimento atua como órgão de fomento do desenvolvimento industrial numa determinada região. Em seu último ano de atividades aplicou um total de Cr\$ 395.000.000,00 distribuídos entre os diversos ramos industriais em que atua conforme a tabela 1.

| DISCRIMINAÇÃO | VALOR (Cr\$ mil) |
|---------------|---------------------|
| Metalúrgico | 131.000 |
| Mecânico | 83.000 |
| Mobiliário | 19.000 |
| Têxtil | 77.000 |
| Alimentar | 85.000 |
| TOTAL | 395.000 |

Tab. 1: Aplicações da Agência no último ano.

A contribuição para o desenvolvimento da região pode ser avaliada pelos seguintes dados: os investimentos nos quais a agência participou, proporcionaram a região um aumento no seu valor da produção anual de Cr\$ 800.000.000,00, bem como geraram 17.800 novos empregos diretos. Em termos de eficiência, cada cruzeiro financiado proporcionou um aumento de Cr\$ 2,02 no valor da produção anual bem como cada novo emprego custou Cr\$ 22.191,01 em financiamentos.

A Agência pretende elaborar um novo plano de aplicações para o próximo biênio e suas metas são mais ambiciosas. Através de um aumento nos recursos a serem aplicados e por uma maior eficiência na aplicação a Agência pretende conseguir um incremento no valor da produção de Cr\$ 1.200.000.000,00 no primeiro ano e de Cr\$ 1.800.000.000,00 no segundo, como objetivos econômicos. Ao mesmo tempo, pretende gerar 21.400 empregos no primeiro ano e 25.600 no segundo como objetivos sociais.

Os recursos disponíveis para aplicar no biênio são da ordem de Cr\$ 900.000.000,00. Está previsto ainda para o primeiro ano um programa específico para o ramo têxtil no qual deverão ser aplicados Cr\$ 100.000.000,00. Portanto, esta limitação de recursos exige uma otimização do plano de aplicações para que a Agência possa atingir seus objetivos.

A Agência também possui outros objetivos operacionais. Não deseja que as aplicações em cada um dos dois próximos anos seja inferior as registradas no último exercício para cada ramo. É uma política para manter um crescimento mínimo desejado para setores com índices econômicos inferiores na atual conjuntura.

Por outro lado, através de uma análise detalhada, para cada ramo, das condições do mercado, disponibilidades de insumos, de tecnologia e de outros fatores, verificou-se que as capacidades máximas de absorção de financiamento estão definidas conforme a tabela 2.

| DISCRIMINAÇÃO | VALOR (Cr\$ Mil) |
|---------------|---------------------|
| Metalúrgico | 490.000 |
| Mecânico | 310.000 |
| Mobiliário | 70.000 |
| Têxtil | 290.000 |
| Alimentar | 320.000 |

Tab. 2: Capacidades máximas de absorção de financiamento.

A estrutura de prioridades para os objetivos está assim definida:

Prioridade 1: Os recursos devem ser integralmente alocados.

Prioridade 2: As aplicações a cada ano e para cada ramo não devem ser inferiores às registradas no último exercício.

Prioridade 3: É desejado o incremento do valor da produção anual de Cr\$ 1.200.000.000,00 no ano 1 e de Cr\$..... 1.800.000.000,00, no ano 2.

Prioridade 4: É desejado uma geração de 21.400 novos empregos no ano 1 e de 25.600 no ano 2.

Os índices de incremento do valor da produção anual e geração de empregos por cruzeiro investido em ativo operacional, via de regra são os apresentados na tabela 3.

| DISCRIMINAÇÃO | INCREMENTO DO VALOR DA PRODUÇÃO ANUAL | EMPREGOS GERADOS |
|---------------|--|---------------------|
| | INVESTIMENTO | INVESTIMENTO |
| Metalúrgico | 1,1 | 0,019 |
| Mecânico | 2,7 | 0,064 |
| Mobiliário | 1,6 | 0,072 |
| Têxtil | 1,1 | 0,031 |
| Alimentar | 0,9 | 0,011 |

Tab. 3: Índices dos ramos industriais.

A Agência financia em média 70% de cada investimento, isto é, para cada Cr\$ 1,00 investido numa empresa, a Agência financia Cr\$ 0,70.

De posse destes dados, já é possível formular o problema. Porém, antes se faz necessário definir as variáveis ou incógnitas do problema: o quanto deve ser aplicado em cada ramo a cada ano, conforme a tabela 4.

| DISCRIMINAÇÃO | ANO 1 | ANO 2 |
|---------------|----------|----------|
| Metalúrgico | $X_1(1)$ | $X_1(2)$ |
| Mecânico | $X_2(1)$ | $X_2(2)$ |
| Mobiliário | $X_3(1)$ | $X_3(2)$ |
| Têxtil | $X_4(1)$ | $X_4(2)$ |
| Alimentar | $X_5(1)$ | $X_5(2)$ |

Tab. 4: Definição das variáveis

A primeira formulação está apresentada no Quadro 1. Como este exemplo tem a finalidade de mostrar como é possível a utilização do modelo, a divisão das empresas foi feita somente a nível de ramos, dispensando-se portanto a indexação em "j". As restrições de limitação superior foram formadas considerando-se os 2 anos conjuntamente. Também não foram consideradas restrições de interdependência entre grupos pelo mesmo motivo de simplificação, evitando-se um acúmulo de equações.

QUADRO 1: Formulação nº 1

a) Programas específicos:

$$X_4(1) = 100.000 \quad (3-11)$$

b) Volume de aplicações:

$$X_1(1) + X_2(1) + X_3(1) + X_4(1) + X_5(1) + X_1(2) + X_2(2) + X_3(2) + \\ + X_4(2) + X_5(2) + d_1^- = 1.000.000 \quad (3-12)$$

c) Metas econômicas:

$$1,1X_1(1) + 2,7X_2(1) + 1,6X_3(1) + 1,1X_4(1) + 0,9X_5(1) + d_{21}^-(1) - \\ - d_{21}^+(1) = 840.000 \quad (3-13)$$

$$1,1X_1(2) + 2,7X_2(2) + 1,6X_3(2) + 1,1X_4(2) + 0,9X_5(2) + d_{21}^-(2) - \\ - d_{21}^+(2) = 1.260.000 \quad (3-14)$$

$$0,019X_1(1) + 0,064X_2(1) + 0,072X_3(1) + 0,031X_4(1) + 0,011X_5(1) + \\ + d_{22}^-(1) - d_{22}^+(1) = 14.980 \quad (3-15)$$

$$0,019X_1(2) + 0,064X_2(2) + 0,072X_3(2) + 0,031X_4(2) + 0,011X_5(2) + \\ + d_{22}^-(2) - d_{22}^+(2) = 17.920 \quad (3-16)$$

d) Restrições de limitação inferior

$$X_1(1) + d_{31}^-(1) - d_{31}^+(1) = 131.000 \quad (3-17)$$

$$X_2(1) + d_{32}^-(1) - d_{32}^+(1) = 83.000 \quad (3-18)$$

$$X_3(1) + d_{33}^-(1) - d_{33}^+(1) = 19.000 \quad (3-19)$$

$$X_4(1) + d_{34}^-(1) - d_{34}^+(1) = 77.000 \quad (3-20)$$

$$X_5(1) + d_{35}^-(1) - d_{35}^+(1) = 85.000 \quad (3-21)$$

$$X_1(2) + d_{31}^-(2) - d_{31}^+(2) = 131.000 \quad (3-22)$$

$$X_2(2) + d_{32}^-(2) - d_{32}^+(2) = 83.000 \quad (3-23)$$

$$X_3(2) + d_{33}^-(2) - d_{33}^+(2) = 19.000 \quad (3-24)$$

$$X_4(2) + d_{34}^-(2) - d_{34}^+(2) = 77.000 \quad (3-25)$$

$$X_5(2) + d_{35}^-(2) - d_{35}^+(2) = 85.000 \quad (3-26)$$

e) Restrições de limitação superior:

$$X_1(1) + X_1(2) + d_{41}^- = 490.000 \quad (3-27)$$

$$X_2(1) + X_2(2) + d_{42}^- = 310.000 \quad (3-28)$$

$$X_3(1) + X_3(2) + d_{43}^- = 70.000 \quad (3-29)$$

$$X_4(1) + X_4(2) + d_{44}^- = 290.000 \quad (3-30)$$

$$X_5(1) + X_5(2) + d_{45}^- = 320.000 \quad (3-31)$$

f) Função - Objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Min } & p_1 d_1^- + P_2 \{d_{31}^-(1) + d_{32}^-(1) + d_{33}^-(1) + d_{34}^-(1) + d_{35}^-(1) + \\ & + d_{31}^-(2) + d_{32}^-(2) + d_{33}^-(2) + d_{34}^-(2) + d_{35}^-(2)\} + P_3 \{d_{21}^-(1) + \\ & + 1/2 d_{21}^-(2)\} + P_4 \{d_{22}^-(1) + 1/2 d_{22}^-(2)\}. \end{aligned} \quad (3-32)$$

O programa em linguagem Fortran (apêndice I) rodado no computador IBM 370 apresentou os seguintes resultados para as variáveis do problema (tabela 5):

| (i) RAMOS | VALORES (Cr\$ MIL) | | |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|
| | ANO (1) | ANO (2) | TOTAL |
| (1) Metalúrgico | 150.000 | 131.000 | 281.000 |
| (2) Mecânico | 174.037 | 136.963 | 310.000 |
| (3) Mobiliário | 19.000 | 51.000 | 70.000 |
| (4) Têxtil | 77.000 | 77.000 | 154.000 |
| (5) Alimentar | 100.000 | 85.000 | 185.000 |
| T O T A L | 520.037 | 479.963 | 1.000.000 |

Tab. 5: Resultados para a formulação nº 1

Pelo exame da tabela 5, verifica-se que a Agência se utilizar deste plano, terá satisfeitas as prioridades 1 e 2, isto é, o total disponível será integralmente alocado bem como as restrições de mínima aplicação serão satisfeitas. O alcance das metas correspondentes as prioridades nº 3 e 4 pode ser analisado pela tabela nº 6:

| M E T A | ANO | VALORES (CR\$ MIL) | | % |
|---------------|-----|--------------------|-----------|-----|
| | | DESEJADO | OBTIDO | |
| Incremento do | | | | |
| Valor da | 1 | 1.200.000 | 1.200.000 | 100 |
| Produção | 2 | 1.800.000 | 1.077.000 | 60 |
| <hr/> | | | | |
| T O T A L | 1 | 3.000.000 | 2.227.000 | 74 |
| <hr/> | | | | |
| Empregos | 1 | 21.400 | 26.919 | 126 |
| Gerados | 2 | 25.600 | 25.978 | 101 |
| <hr/> | | | | |
| T O T A L | 2 | 47.000 | 52.897 | 113 |

Tab. 6: Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 1.

As metas sujeitas à prioridade 4 serão satisfeitas. Somente a meta de incremento do valor da produção para o segundo ano não será satisfeita. Mesmo assim há uma perspectiva de ganho em eficiência das aplicações. Seguindo este plano, a Agência necessitará aplicar Cr\$ 18.904,00 para gerar cada novo emprego, o que representa 14,8% a menos que no último exercício quando foram aplicados Cr\$ 22.191,01 para cada novo emprego. Em relação ao incremento do valor da produção, cada cruzeiro financiado poderá propiciar um incremento no valor da produção anual de Cr\$ 2,23, o que representa um aumento de 10,4% em relação ao último exercício quando o incremento por cruzeiro aplicado foi de Cr\$ 2,02.

A única restrição ao plano está no fato de as aplicações no ano 1 serem superiores às do ano 2 o que representaria um crescimento desacelerado tanto para o incremento do valor da produção quanto para os empregos gerados. O problema apresentou estes resultados por que foi dado peso 1,0 para as metas do ano 1 e peso 0,5 para as metas do ano 2.

Se for feita uma nova formulação dando pesos iguais para as metas dos anos 1 e 2 este problema pode ser corrigido. Para obtermos a formulação nº 2 basta uma modificação na função-objetivo que passa a ser o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Min } & P_1 d_1^- + P_2 \{d_{31}^-(1) + d_{32}^-(1) + d_{33}^-(1) + d_{34}^-(1) + \\ & + d_{35}^-(1) + d_{31}^-(2) + d_{32}^-(2) + d_{33}^-(2) + d_{34}^-(2) + d_{35}^-(2)\} + \\ & + P_3 \{d_{21}^-(1) + d_{21}^-(2)\} + P_4 \{d_{22}^-(1) + d_{22}^-(2)\} \quad (3-33) \end{aligned}$$

Para esta nova formulação os resultados apresentaram-se conforme a tabela 7:

| (i) RAMOS | VALORES (CR\$ MIL) | | |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|
| | ANO 1 | ANO 2 | TOTAL |
| (1) Metalúrgico | 131.000 | 131.000 | 262.000 |
| (2) Mecânico | 82.000 | 228.000 | 310.000 |
| (3) Mobiliário | 43.986 | 26.014 | 70.000 |
| (4) Têxtil | 96.000 | 77.000 | 173.000 |
| (5) Alimentar | 100.000 | 85.000 | 185.000 |
| T O T A L | 452.986 | 547.014 | 1.000.000 |

Tab. 7: Resultados para a formulação nº 2

A tabela 7 mostra que este plano, se aplicado, satisfará a Agência quanto às prioridades 1 e 2, isto é, o total disponível será integralmente alocado bem como as restrições de mínima aplicação serão satisfeitas. O alcance das metas correspondentes às prioridades 3 e 4 pode ser analisado pela tabela nº 8:

| M E T A | ANO | VALORES (Cr\$ MIL) | | % |
|---------------|-----|--------------------|-----------|-----|
| | | DESEJADO | OBTIDO | |
| Incremento do | | | | |
| Valor da | 1 | 1.200.000 | 902.111 | 75 |
| Produção | 2 | 1.800.000 | 1.375.033 | 76 |
| T O T A L 1 | | 3.000.000 | 2.277.144 | 76 |
| Empregos | 1 | 21.400 | 21.400 | 100 |
| Gerados | 2 | 25.600 | 31.823 | 124 |
| T O T A L 2 | | 47.000 | 53.223 | 113 |

Tab. 8: Alcance das metas de incremento do valor da produção e empregos gerados para a formulação nº 2.

As metas sujeitas à prioridade 4 serão igualmente satisfeitas. As metas sujeitas à prioridade 3 ou seja, as do incremento do valor da produção, não serão satisfeitas. Porém agora o crescimento, tanto para o incremento do valor da produção como para empregos gerados, deverá ser mais estável devido a uma melhor distribuição dos recursos entre os dois anos. A eficiência também deverá aumentar, pois a Agência necessitará aplicar Cr\$ 18.789,00 para cada novo emprego gerado bem como cada cruzeiro financiado poderá propiciar um aumento no valor da produção anual de Cr\$ 2,27.

Estes resultados apresentados foram otimizados. É o que de melhor foi possível obter dentro das restrições impostas pelo problema. Porém, uma análise de sensibilidade, possibilitaria ao decisor uma melhor visão do problema e um maior campo para a tomada de decisões. Esta análise pode ser feita em função da modificação de uma política interna ou de uma perspectiva de modificação de um fator externo.

No que diz respeito a uma modificação de política interna, a análise de sensibilidade será feita em função de uma diminuição padrão de 10% nos valores das restrições de mínima aplicação. A formulação nº 3 com estas modificações, é derivada da formulação nº 4, e está para consultas no Apêndice I.

Os resultados obtidos (tab. 9) indicam satisfação para as prioridades 1 e 2, isto é, o total disponível será integralmente alocado, bem como as restrições de mínima aplicação serão satisfeitos. O alcance das metas correspondentes à prioridade 3 (tab. 10) apresentou-se em média superior ao obtido pelas outras formulações. A eficiência apresenta perspectivas de melhoras pois, cada cruzeiro financiado poderá incrementar o valor da produção anual em Cr\$ 2,62. As metas sob prioridade 4 serão integralmente satisfeitas e os resultados diferem em muito pouco dos que foram obtidos pela formulação nº 2.

Uma análise de sensibilidade também será feita em função de um incremento de 10% nos recursos disponíveis. Em outras palavras, que ganhos poderia obter a Agência caso dispusesse de 10% a mais de recursos. Em termos reais, isto poderia dar à Agência, possibilidades de argumentar junto aos fundos e programas da conveniência de dispor de mais recursos para aplicação.

| (i) RAMO | VALORES (Cr\$ MIL) | | |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|
| | ANO (1) | ANO (2) | TOTAL |
| (1) Metalúrgico | 117.900 | 117.900 | 235.800 |
| (2) Mecânico | 74.700 | 235.300 | 310.000 |
| (3) Mobiliário | 35.815 | 34.185 | 70.000 |
| (4) Têxtil | 138.400 | 69.300 | 207.700 |
| (5) Alimentar | 100.000 | 76.185 | 176.500 |
| T O T A L | 466.815 | 533.185 | 1.000.000 |

Tab. 9: Resultados obtidos para a formulação nº 3

| M E T A | ANO | VALORES (CR\$ MIL) | | % |
|---------------|-----|--------------------|-----------|-----|
| | | DESEJADO | OBTIDO | |
| Incremento do | | | | |
| Valor da | 1 | 1.200.000 | 901.321 | 75 |
| Produção | 2 | 1.800.000 | 1.719.680 | 95 |
| T O T A L | 1 | 3.000.000 | 2.621.001 | 87 |
| Empregos | 1 | 21.400 | 21.400 | 100 |
| Gerados | 2 | 25.600 | 32.500 | 127 |
| T O T A L | 2 | 47.000 | 53.900 | 115 |

Tab. 10: Alcance das metas de incremento do valor da produção e Empregos Gerados para a formulação nº 3.

A nova formulação de nº 4, também derivada de formulação nº 2, está apresentada para consulta no anexo I.

Para esta formulação os resultados apresentaram-se da seguinte forma (tab. 11):

| (i) RAMOS | VALORES (Cr\$ MIL) | | |
|-----------------|--------------------|---------|-----------|
| | ANO (1) | ANO (2) | TOTAL |
| (1) Metalúrgico | 131.000 | 131.000 | 262.000 |
| (2) Mecânico | 82.000 | 228.000 | 310.000 |
| (3) Mobiliário | 43.986 | 26.014 | 70.000 |
| (4) Têxtil | 105.566 | 167.434 | 273.000 |
| (5) Alimentar | 100.000 | 85.000 | 185.000 |
| T O T A L | 462.552 | 637.448 | 1.100.000 |

Tab. 11: Resultados obtidos para a formulação nº 4.

O plano pode satisfazer as metas sob prioridades 1 e 2 como nas formulações anteriores. As metas sob prioridade 3 apesar de não totalmente satisfeitas, apresentarão um alcance de 81% em média, o que é considerável em relação aos 76% da formulação nº 2. A eficiência logicamente diminuirá pois este incremento de recursos foi alocado em ramos menos favorecidos nos planos anteriores (cada cruzeiro financiado pode propiciar um aumento no valor da produção anual de Cr\$ 2,21).

| M E T A | ANO | VALORES (CR\$ MIL) | | % |
|---------------|-----|--------------------|-----------|-----|
| | | DESEJADO | OBTIDO | |
| Incremento do | | | | |
| Valor da | 1 | 1.200.000 | 917.143 | 76 |
| Produção | 2 | 1.800.000 | 1.517.144 | 84 |
| T O T A L | 1 | 3.000.000 | 2.434.287 | 81 |
| Empregos | 1 | 21.400 | 21.824 | 102 |
| Gerados | 2 | 25.600 | 35.828 | 140 |
| T O T A L | 2 | 47.000 | 57.652 | 123 |

Tab. 12: Alcance das metas de incremento do valor da Produção e Empregos Gerados para a formulação nº 4.

As metas sob prioridade 4 deverão ser atingidas também com valores superiores aos obtidos com a formulação nº 2 (123% contra 113%).

CONCLUSÕES:

O exemplo, apesar de simples, procurou ser amplo para mostrar as possibilidades de utilização do modelo. Partiu-se do modelo original para a formulação nº 1 e com uma pe

quena modificação obteve-se a formulação nº 2 que mostrou a melhor solução dentro dos objetivos da Agência. O plano apresentado demonstrou que poderá dar uma maior eficiência para as aplicações. Uma análise de sensibilidade foi feita em função da modificação de uma política interna e outra em função de um fator externo, que mostraram a possibilidade de uma melhoria nos resultados. Portanto, os decisores já teriam um bom quadro para ajudá-los em suas tomadas de decisões.

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Com os dados disponíveis para a ilustração em apreço pode-se também analisar da conveniência de melhorar a atual solução criando um novo local de investimento, em pesquisa para o desenvolvimento, e determinar se o mesmo melhoraria ou não esta solução.

Um maior desenvolvimento tecnológico aumentaria a eficiência produtiva do ramo em estudo o qual seria constatado por um incremento dos índices:

$$\frac{\text{Incremento do Valor da Produção}}{\text{Investimento}} \quad \text{e} \quad \frac{\text{Empregos Gerados}}{\text{Investimento}}$$

O segundo índice poderia parecer a princípio que seria reduzido, pois o número de empregos gerados realmente diminuiria, porém o desenvolvimento tecnológico causa uma valorização muito grande da mão-de-obra, o que faz com que apesar do número de empregos ficar reduzido, o valor global em salários seja aumentado, havendo necessidade portanto neste caso de definir este índice como sendo salários/investimento.

Assim a colocação de Cr\$ $Y_i(t)$ em pesquisa para o ramo "i" ao tempo "t" fará com que seus índices tenham incremento de $\beta_i(t)$ e $\delta_i(t)$ e com isto aumentem a eficiência dos recursos

aplicados em cada ramo e portanto melhorem o retorno da Agência. A conveniência de a Agência aplicar $Cr\$ Y_i(t)$ em pesquisa pode desta forma ser incorporada ao método. Recomenda-se contudo que neste caso o período de análise de planejamento seja expandido para 4 ou 5 anos.

Este trabalho está sendo desenvolvido (7) no Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina.

C A P Í T U L O 4
= = = = = = = = =

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo apresentado demonstra o potencial da técnica de programação por objetivos como ferramenta matemática de grande ajuda na elaboração de planos de aplicação de recursos das Agências de Desenvolvimento.

Um plano de aplicação com base neste modelo, associado com outras diretrizes de atuação tais como modernização gerencial das empresas, apoio ao desenvolvimento de tecnologias próprias, racionalização locacional, melhoria da produtividade ou outros pontos, podem proporcionar um excelente plano de ação para as Agências. Os resultados mostrariam melhoras não apenas quantitativas mas, o que é mais importante, qualitativas no retorno das aplicações, em forma de desenvolvimento.

O modelo apresentado é bastante genérico, porém aceita restrições específicas para cada caso desde que satisfeitas as condições de linearidade das equações. A técnica apresenta também uma grande flexibilidade permitindo que decisões políticas sejam incorporadas num modelo que a princípio parecia eminentemente técnico. Isto se explica pela ampla possibilidade de escolha da estrutura de prioridades e pela análise de sensibilidade possível.

A disponibilidade dos dados para a resolução do problema é fator importante, a começar pela quantificação dos objetivos bem como da sua estrutura de prioridades. Esta técnica está permitindo um novo tipo de abordagem para esta situação o que deve fazer com que as Agências estudem o problema a partir de objetivos quantificados. O estudo econômico deve permitir a utilização de modelos matemáticos.

Além desta possibilidade de utilização de modelos matemáticos otimizadores, a quantificação permite que se meça eficientemente o desempenho. Para formular as restrições de limitação superior, ou seja, especificar as capacidades de absorção de financiamento dos grupos e ramos, é importante que a Agência mantenha periodicamente uma sondagem junto as empresas para

exame das suas tendências de crescimento, possibilidades de investimento, etc. Diagnósticos setoriais também podem representar boa fonte de consulta de dados no que diz respeito ao estudo das limitações de mercado ou de disponibilidade de fatores de produção.

Os dados necessários para levantar os índices econômicos podem ser obtidos diretamente de pesquisas nos relatórios de análise de projetos. O número de empresas normalmente cadastradas é suficiente para permitir a confiabilidade nos dados.

Como o acima exposto, conclue-se que a utilização desta técnica levaria as Agências a constituírem bancos de dados, o que só viria beneficiá-las em termos de confiabilidade e rapidez de obtenção dos resultados.

Dada a constatação que dia a dia vem sendo observada da importância do desenvolvimento tecnológico para a produtividade urge que as Agências de Desenvolvimento pensem não só em investir para aumentar o porte do setor empresarial mas que também incorporem em seus programas de aumento de produção o incremento tecnológico. O modelo proposto neste trabalho mostra como a utilização de técnicas mais modernas, que analisam os problemas globalmente, podem aprimorar a eficiência do processo decisório de uma Agência de Desenvolvimento. Igual incremento pode ser conseguido em todos os ramos de atividades bastando para isto a utilização de técnicas mais atualizadas e apropriadas. Pelo que recomenda-se a continuidade deste trabalho para a incorporação de variáveis de investimento em pesquisas do aperfeiçoamento produtivo dos ramos de atividades, pois é esta uma área de investimento que se configura como das mais promissoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEE, Sang M. Goal Programming for decisions analysis.
Averback publishes, Philadelphia, 1972.
2. GOODMAN, David A. A Goal Programming Aprooch to agregate planning of production and work force. Management Science, v. 20, nº 12, pag 1569-75, 1974.
3. DYER, James S. Interactive Goal Programming.
Management Science, v. 19, nº 1, pg 62-70, 1972.
4. KEENEY, Ralph et alli. Decisions with multiple objectives.
John Wiley & Sons, New York. 1976.
5. KRISCHER, Roberto F. Desenvolvimento de uma técnica de otimização de sistemas lineares estocásticos com múltiplos objetivos. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, 1976.
6. COELHO, Celso A. Programação por objetivos aplicado no Planejamento da produção agregada. Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, 1976.
7. ENSSLIN, Leonardo. "Modelo para Elaboração de Diagnóstico e Plano de Ação para o Desenvolvimento Tecnológico". Publicação técnica, Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina, 1976.

A P Ê N D I C E I
= = = = = = = = =

Formulações nº 3 e 4 para o item 3.2. - Exemplo de utili
zação do modelo.

Formulação nº 3

a) Programas específicos:

$$X_4(1) = 100.000 \quad (3-34)$$

b) Volume de aplicações

$$\begin{aligned} X_1(1) + X_2(1) + X_3(1) + X_4(1) + X_5(1) + X_1(2) + X_2(2) + X_3(2) + \\ X_4(2) + X_5(2) + d_1^- = 1.000.000 \end{aligned} \quad (3-35)$$

c) Metas econômicas:

$$\begin{aligned} 1,1X_1(1) + 2,7X_2(1) + 1,6X_3(1) + 1,1X_4(1) + 0,95X_5(1) + d_{21}^-(1) - \\ - d_{21}^+(1) = 840.000 \end{aligned} \quad (3-36)$$

$$\begin{aligned} 1,1X_1(2) + 2,7X_2(2) + 1,6X_3(2) + 1,1X_4(2) + 0,95X_5(2) + d_{21}^-(2) - \\ - d_{21}^+(2) = 1.260.000 \end{aligned} \quad (3-37)$$

$$\begin{aligned} 0,019X_1(1) + 0,064X_2(1) + 0,072X_3(1) + 0,031X_4(1) + 0,011X_5(1) + \\ + d_{22}^-(1) + d_{22}^+(1) = 14.980 \end{aligned} \quad (3-38)$$

$$\begin{aligned} 0,019X_1(2) + 0,064X_2(2) + 0,072X_3(2) + 0,031X_4(2) + 0,011X_5(2) + \\ + d_{22}^-(2) + d_{22}^+(2) = 17.920 \end{aligned} \quad (3-39)$$

d) Restrições de limitação inferior:

$$X_1(1) + d_{31}^-(1) - d_{31}^+(1) = 117.900 \quad (3-40)$$

$$X_2(1) + d_{32}^-(1) - d_{32}^+(1) = 74.700 \quad (3-41)$$

$$X_3(1) + d_{33}^-(1) - d_{33}^+(1) = 17.700 \quad (3-42)$$

$$X_4(1) + d_{34}^-(1) - d_{34}^+(1) = 69.300 \quad (3-43)$$

$$X_5(1) + d_{35}^-(1) - d_{35}^+(1) = 76.500 \quad (3-44)$$

$$X_1(2) + d_{31}^-(2) - d_{31}^+(2) = 117.900 \quad (3-45)$$

$$X_2(2) + d_{32}^-(2) - d_{32}^+(2) = 84.700 \quad (3-46)$$

$$X_3(2) + d_{33}^-(2) - d_{33}^+(2) = 17.700 \quad (3-47)$$

$$X_4(2) + d_{34}^-(2) - d_{34}^+(2) = 69.300 \quad (3-48)$$

$$X_5(2) + d_{35}^-(2) - d_{35}^+(2) = 76.500 \quad (3-49)$$

e) Restrições de limitação superior:

$$X_1(1) + X_1(2) + d_{41}^- = 490.000 \quad (3-50)$$

$$X_2(1) + X_2(2) + d_{42}^- = 310.000 \quad (3-51)$$

$$X_3(1) + X_3(2) + d_{43}^- = 70.000 \quad (3-52)$$

$$X_4(1) + X_4(2) + d_{44}^- = 290.000 \quad (3-53)$$

$$X_5(1) + X_5(2) + d_{45}^- = 320.000 \quad (3-54)$$

f) Função objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Min } & P_1 d_1^- + P_2 \{d_{31}^-(1) + d_{32}^-(1) + d_{33}^-(1) + d_{34}^-(1) + \\ & + d_{35}^-(1) + d_{31}^-(2) + d_{32}^-(2) + d_{33}^-(2) + d_{34}^-(2) + d_{35}^-(2)\} + \\ & + P_3 \{d_{21}^-(1) + d_{21}^-(2)\} + P_4 \{d_{22}^-(1) + d_{22}^-(2)\} \end{aligned} \quad (3-55)$$

Formulação nº 4

a) Programas específicos

$$X_4(1) = 100.000 \quad (3-56)$$

b) Volume de aplicações

$$\begin{aligned} X_1(1) + X_2(1) + X_3(1) + X_4(1) + X_5(1) + X_1(2) + X_2(2) + \\ X_3(2) + X_4(2) + X_5(2) + d_1^- = 1.100.000 \end{aligned} \quad (3-57)$$

c) Metas econômicas:

$$\begin{aligned} 1,1X_1(1) + 2,7X_2(1) + 1,6X_3(1) + 1,1X_4(1) + 0,9X_5(1) + \\ d_{21}^-(1) - d_{21}^+(1) = 840.000 \end{aligned} \quad (3-58)$$

$$\begin{aligned} 1,1X_1(2) + 2,7X_2(2) + 1,6X_3(2) + 1,1X_4(2) + 0,9X_5(2) + \\ + d_{21}^-(2) - d_{21}^+(2) = 1.260.000 \end{aligned} \quad (3-59)$$

$$\begin{aligned} 0,019X_1(1) + 0,064X_2(1) + 0,072X_3(1) + 0,031X_4(1) + \\ + 0,011X_5(1) + d_{22}^-(1) - d_{22}^+(1) = 14.980 \end{aligned} \quad (3-60)$$

$$\begin{aligned} 0,019X_1(2) + 0,064X_2(2) + 0,072X_3(2) + 0,031X_4(2) + \\ 0,011X_5(2) + d_{22}^-(2) - d_{22}^+(2) = 17.920 \end{aligned} \quad (3-61)$$

d) Restrições de limitação inferior:

$$X_1(1) + d_{31}^-(1) - d_{31}^+(1) = 131.000 \quad (3-62)$$

$$X_2(1) + d_{32}^-(1) - d_{32}^+(1) = 83.000 \quad (3-63)$$

$$X_3(1) + d_{33}^-(1) - d_{33}^+(1) = 19.000 \quad (3-64)$$

$$X_4(1) + d_{34}^-(1) - d_{34}^+(1) = 77.000 \quad (3-65)$$

$$X_5(1) + d_{35}^-(1) - d_{35}^+(1) = 85.000 \quad (3-66)$$

$$X_1(2) + d_{31}^-(2) - d_{31}^+(2) = 131.000 \quad (3-67)$$

$$X_2(2) + d_{32}^-(2) - d_{32}^+(2) = 83.000 \quad (3-68)$$

$$X_3(2) + d_{33}^-(2) - d_{33}^+(2) = 19.000 \quad (3-69)$$

$$X_4(2) + d_{34}^-(2) - d_{34}^+(2) = 77.000 \quad (3-70)$$

$$X_5(2) + d_{35}^-(2) - d_{35}^+(2) = 85.000 \quad (3-71)$$

e) Restrições de limitação superior:

$$X_1(1) + X_1(2) + d_{41}^- = 490.000 \quad (3-72)$$

$$X_2(1) + X_2(2) + d_{42}^- = 310.000 \quad (3-73)$$

$$X_3(1) + X_3(2) + d_{43}^- = 70.000 \quad (3-74)$$

$$X_4(1) + X_4(2) + d_{44}^- = 290.000 \quad (3-75)$$

$$X_5(1) + X_5(2) + d_{45}^- = 320.000 \quad (3-76)$$

f) Função - objetivo

$$\begin{aligned}
 \text{Min } & P_1 d_1 + P_2 \{d_{31}^-(1) + d_{32}^-(1) + d_{33}^-(1) + d_{34}^-(1) + \\
 & + d_{35}^-(1) + d_{31}^-(2) + d_{32}^-(2) + d_{33}^-(2) + d_{34}^-(2) + \\
 & + d_{35}^-(2)\} + P_3 \{(d_{21}^-(1) + d_{21}^-(2))\} + P_4 \{d_{22}^-(1) + \\
 & + d_{22}^-(2)\}
 \end{aligned}
 \tag{3-77}$$

A P Ê N D I C E I I
= = = = = = = = = ==

Segue a listagem do programa computacional, em linguagem FORTRAN IV, para computador tipo IBM-370, utilizado na ilustração apresentada no capítulo 3 deste trabalho.

PAGE 2

C
C
C
C
ITER=0

CALCULATE NET CONTRIBUTION OF EACH VARIABLE(RVLX(K,J))

31 L1=0
 32 K3=L-L1
 WRITE(6,7467) L1
 7467 FORMAT(80X,'L1=',I4)
 33 IF(K3-1) 800,40,40
 40 DO 60 K=1,K3
 DO 60 J=1,M
 SUMP=0.
 DO 50 I=1,N
 P=VALY(I,K)*C(I,J)
 SUMP= SUMP+P
 50 CONTINUE
 RVLX(K,J)=SUMP- VALX(K,J)
 60 CONTINUE
 ITER =ITER + 1

C
C
C
BRING IN X(K2)

ZMAX=0
 DO 90 J=1,M
 IF(K3-L) 92,70,70
 92 K4=K3+1
 DO 91 K=K4,L
 IF(RVLX(K,J)) 90,91,91
 91 CONTINUE
 70 IF(RVLX(K3,J)-ZMAX) 90,90,80
 80 ZMAX=RVLX(K3,J)
 K2=J
 90 CONTINUE
 95 IF(ZMAX)790,790,100

C
C
C
C
WHICH VARIABLE IS REMOVED FROM THE BASIS
 CALCULATE LIMITING AMT FOR EACH BASIS VARIABLE

100 DO 150 I=1,N
 IF(PRDT(I)) 110,120,120
 110 WRITE(6,13) PRDT(I)
 GO TO 930
 120 IF(C(I,K2)) 130,130,140
 130 AMT(I)=-1.
 GO TO 150
 140 AMT(I)=PRDT(I)/C(I,K2)
 150 CONTINUE

C
C
C
SELECT SMALEST POSITIVE LIMITING AMT

I=1
 160 IF(AMT(I)) 170,210,210
 170 I=I+1
 IF(I-N) 160,160,180
 180 WRITE(6,13) AMT(N)
 GO TO 830
 210 ZMIN=AMT(I)
 K1= I
 220 I=I+1

PAGE 3

```

      IF(I-N) 230,230,300
230 IF(AMT(I)) 220,240,240
240 IF(ZMIN-AMT(I)) 220,220,210

```

```

C      REMOVE Y(K1)
C
300 Y(K1)=X(K2)
      DO 310 K=1,L
          VALY(K1,K)= VALX(K,K2)
310 CONTINUE

```

```

C      CALCULATE NEW RIGHT-HAND SIDES
C
C

```

```

      DO 400 I=1,N
          PRDT(I) = PRDT(I) - ZMIN*C(I,K2)
400 CONTINUE
          PRDT(K1) = ZMIN

```

```

C      CALCULATE NEW SUBSTITUTION RATES
C
C

```

```

      DO 500 J=1,M
          DO 500 I=1,N
              D(I,J) = C(I,J) - C(K1,J)*C(I,K2)/C(K1,K2)
500 CONTINUE
          DO 510 J=1,M
              D(K1,J) = C(K1,J)/C(K1,K2)
510 CONTINUE
          DO 520 J=1,M
              DO 520 I=1,N
                  C(I,J) =D(I,J)
520 CONTINUE

```

```

C      WRITE ALL TABLES OR JUST OPTIMAL TABLE
C
C

```

```

      IF(ITAB) 40,40,600

```

```

C      WRITE EACH TABLE
C
C

```

```

600 DO 610 I=1,N
          WRITE(6,13) Y(I),PRDT(I)
610 CONTINUE
          DO 620 I=1,N
              WRITE(6,12) (C(I,J),J=1,M)
620 CONTINUE
          GO TO 40

```

```

C      MOVE TO NEXT LOWER PRIORITY LEVEL
C
C

```

```

790 L1= L1+1
      GO TO 32

```

```

C      WRITE FINAL RESULTS
C
C

```

```

800 WRITE(6,1014) ITER
          WRITE(6,1015)
1015 FORMAT(1H1)
1014 FORMAT(10X,'ITERATIONS.....',I5)
          WRITE(6,5000)
5000 FORMAT(55X,'THE SIMPLEX SOLUTION',25X,'PAGE 05')
          WRITE(6,5001)

```

PAGE 4

```

5001 FORMAT('THR RIGHT HAND SIDE ')
801 DO 810 I=1,N
WRITE(6,13) Y(I),PRDT(I)
810 CONTINUE
WRITE(6,5002)
5002 FORMAT('THE SUBSTITUTION RATES')
811 DO 812 I=1,N
WRITE(6,12) (C(I,J),J=1,M)
812 CONTINUE
WRITE(6,5003)
5003 FORMAT('THE ZJ-CJ MATRIX')
813 DO 814 K=1,L
WRITE(6,12) (RVLX(K,J),J=1,M)
814 CONTINUE
C
C      EVALUATE OBJECTIVE FUNCTION
C
DO 820 K=1,L
ZVAL(K)=0.
DO 820 I=1,N
ZVAL(K)= ZVAL(K) + PRDT(I)*VALY(I,K)
820 CONTINUE
WRITE(6,5004)
5004 FORMAT(' AN EVALUATION OF THE OBJECTIVE FUNCTION ')
DO 821 K=1,L
KK=L-K
IF(TEST.EQ.1.0) GO TO 89
KK=KK+1
89 WRITE(6,15) KK,ZVAL(K)
821 CONTINUE
CALL FINISH(RHS1,PRDT,VALY,L,KPCK,Y,N,KEPT,TEST)
830 STOP
END

```

PAGE 1

// JOB T

| | | | |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| LOG DRIVE | CART SPEC | CART AVAIL | PHY DRIVE |
| 0000 | 0008 | 0008 | 0000 |

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

C
C

```

SUBROUTINE START(NROWS,NVAR,NPRT,C,VALX,VALY,RHS,RHS1,KPCK,KEPT,TE
1ST)

```

C
C
C
C
C

THE START SURROUTINE IS DESIGNED TO TAKE INFORMATION IN A SPEC-
IFIED FORMAT AND TRANSFORM IT INTO A SERIES OF USABLE MATRICES

```

DIMENSION RHS(70)
DIMENSION VALY(70,10)
DIMENSION C(70,150),VALX(10,150)
DIMENSION EQUALS(70),RVLX(10,150)
DIMENSION KEPT(70)
DIMENSION RHS1(70)
REAL NEG
REAL L
NV=150
NR=70

```

1 FORMAT(A4,3I3)

```

DATA POS,NEG/'POS ','NEG '/
DATA DATA/'DATA'/
DATA OBJ/'OBJ '/
DATA PROB/'PROB'/
DATA B /'B'/
DATA E,G,L/'E','G','L'/
DATA RGHT/'RGHT'/
TEST=0.

```

C
C
C
C
C
C
C

READ THE PROBLEM CARD FOR THE NUMBER OF ROWS, VARIABLES, AND
PRIORITIES

```

10 READ(5,1) ANAME,NROWS,NVAR,NPRT
LISP=NPRT +1
IF(NVAR.LE.0) GO TO 1020
IF(NPRT.LE.0) GO TO 1020
IF(NROWS.LE.0) GO TO 1020
IF(ANAME.NE.PROB) GO TO 901

```

C
C
C
C
C
C
C
C

READ THE SIGN CARD

IT WILL CONTAIN ONE OF THE FOLLOWING LETTERS FOR EACH ROW

| | |
|------------------------------|---|
| FOR EQUALS | E |
| FOR LESS THAN OR EQUAL TO | L |
| FOR GREATER THAN OR EQUAL TO | G |
| FOR BOTH DEVIATIONS | B |

PAGE 2

```

C
  READ(5,11) (EQUALS(I),I=1,NROWS)
11 FORMAT(80A1)
C
C
  NART=0
C
C
  COUNT THE NUMBER OF POSITIVE SLACK VARIABLES
C
  NFLDS=0
  DO 12 I=1,NROWS
  IF(EQUALS(I).EQ.B) NFLDS=NFLDS+1
12 IF(EQUALS(I).EQ.G) NFLDS=NFLDS+1
C
C
  TEST FOR SIZE
C
C
.....
  NSIZE= NFLDS+NROWS+NVAR
  IF(NRCWS.GT.NR) GO TO 911
  IF(NSIZE.GT.NV) GO TO 911
C
C
  CLEAR ALL MATRICES
C
C
.....
  KDUD=NPRT+1
  DO 16 J=1,NSIZE
  DO 16 I=1,NROWS
  KEPT(I)=0
  IF(I.GT.KDUD) GO TO 17
  K=I
  RVLX(K,J)=0.
  VALX(K,J)=0
17 IF(I.EQ.J) C(I,J)=1.
  VALY(I,K)=0.
  IF(I.NE.J) C(I,J)=0.
16 CONTINUE
  KPCK=0
  K=KDUD
C
C
  ADJUST THE SLACK VARIABLES AND OBJECTIVE FUNCTION TO MEET THE
  REQUIREMENTS OF THE SIGN
C
C
  DO 13 I=1,NROWS
  IF(EQUALS(I).EQ.E) GO TO 14
  IF(EQUALS(I).EQ.G) GO TO 15
  IF(EQUALS(I).EQ.L) GO TO 13
  IF(EQUALS(I).EQ.B) GO TO 18
  GO TO 910
14 J=I
  VALX(K,J)=1.0
  NART= NART+1
  TEST =1.
  GO TO 13
15 KPCK= KPCK+1
  J=NROWS+KPCK
  C(I,J)=-1.

```


PAGE 4

C WRITE THE ABOVE RESULTS

C

```

C.....
WRITE(6,5015)
5015 FORMAT(55X,'THE RIGHT HAND SIDE- INPUT',33X,'PAGE 01')
DO 41 I=1,NROWS
IF(RHS(I)) 941,42,43
42 RHS(I)= .00001
43 RHS1(I) = RHS(I)
WRITE(6,1111) I,RHS(I)
1111 FORMAT(10X,I3,2X,F15.5)
41 CONTINUE
WRITE(6,620)
620 FORMAT(1H1)
WRITE(6,5016)
5016 FORMAT(55X,'THE SUBSTITUTION RATES- INPUT',18X,'PAGE 02')
DO 1112 I=1,NROWS
WRITE(6,2519) I
2519 FORMAT(1X,'ROW',I5)
1112 WRITE(6,1113) (C(I,J),J=1,NSIZE)
1113 FORMAT(10F11.2)
WRITE(6,620)
WRITE(6,5017)
5017 FORMAT(55X,'THE OBJECTIVE FUNCTION- INPUT',19X,'PAGE 03')
DO 1114 K=1,NPRT
M=LISP-K
WRITE(6,2150) M
2150 FORMAT(' PRIORITY',I5)
1114 WRITE(6,1113) (VALX(K,J),J=1,NSIZE)
WRITE(6,620)
WRITE(6,5018)
5018 FORMAT(55X,'SUMMARY OF INPUT INFORMATION',19X,'PAGE 04')
NVAR= NSIZE
WRITE(6,2017) NROWS,NVAR,NPRT,NART
2017 FORMAT(10X,'NUMBER OF ROWS.....',I5,/,10X,'NUMBER OF VARIABLES
1.....',I5,/,10X,'NUMBER OF PRIORITIES... ',I5,/,10X,'ADDEDPRIORITIES
2.....',I5)
IF(NART.GT.0) NPRT= NPRT+1
RETURN
910 WRITE(6,914)
914 FORMAT(' PROGRAM CONTAIN AN ERROR EITHER IN THE NUMBER OF ROWS PUN
1CHED OR !N THE SIGN CARD. THE VALUE IS SOMETHING OTHER THAN E , G
2 , B ,OR L ')
GO TO 999
1090 WRITE(6,1091)
1091 FORMAT(' IMPROPER DATA COLUMN OR ROW DEFINITION ')
GO TO 999
920 WRITE(6,921)
921 FORMAT(' AN OBJECTIVE CARD WITH THE VALUE',F16.3,'
1S FOUND BUT INSTRUCTIONS AS TO WHICH DEVIATION HAS BEEN NEGLETED.
2EXAMINE YOUR DATA')
GO TO 999
1020 WRITE(6,1021)
1021 FORMAT(' NUMBER OF ROWS, VARIABLES, OR PRIORITIES CANNOT BE EQUA
1L TO ZERO UNDER ANY CIRCUNSTANCES')
GO TO 999
1022 WRITE(6,1023)
1023 FORMAT(' COLUMN VALUE OR PRIORITY VALUE IS EQUAL TO OR LESS THAN
1 ZERO')
GO TO 999

```

PAGE 5

```
911 WRITE(6,912)
912 FORMAT(' THE NUMBER OF VARIABLES NEEDED TO COMPUTE THIS PROGRAM
115 TOO GREAT UNDER PRESENT DIMENSIONS. SEE YOUR PROGRAMMER FOR AL
2TERING THIS RESTRICTION TO MEET YOUR NEEDS')
GO TO 999
1026 WRITE(6,1027)
1027 FORMAT(' ATTEMPT IS MADE TO MINIMIZE NON EXISTANT POSITIVE DEVI
ATION')
GO TO 999
1024 WRITE(6,1025)
1025 FORMAT(' OBJECTIVE FUNCTION PRIORITY EXCEEDS STATED NUMBER OF PRI
ORITIES')
GO TO 999
901 WRITE(6,902)
902 FORMAT(' PROBLEM CARD MISSING OR MISPUNCHED')
GO TO 999
926 WRITE(6,927)
927 FORMAT(' A CARD IN THE OBJECTIVE SECTION DEFINED SOME VALUE FOR T
HE OBJECTIVE FUNCTION BUT FAILED TO DEFINE WHETHER THIS WAS TO AP
2PLY TO THE POSITIVE OR NEGATIVE DEVIATION')
941 WRITE(6,942)
942 FORMAT(' NEGATIVE VALUES ARE NOT ALLOWED ON THE RIGHT HAND SIDE.
1 CORRET PROBLEM BY MULTIPLYING ENTIRE CONSTRAINT THROUGH BY MINUS
2ONE.')
```

GO TO 999

```
999 STOP
END
```


PAGE 1

// JOB T

| LOG DRIVE | CART SPEC | CART AVAIL | PHY DRIVE |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| 0000 | 0008 | 0008 | 0000 |

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

C
C
C
C
C

```

SUBROUTINE FINISH(RHS1,RHS,VALY,NPRT,KPCK,Y,NROWS,KEPT,TEST)
REAL NEGSLK
DIMENSION VALY(70,10)
DIMENSION ZVAL(10)
DIMENSION RHS(70)
DIMENSION KEPT(70)
DIMENSION Y(70),RHS1(70)

```

C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C

RHS1 IS THE RESERVED VECTOR OF RHS VALUES FROM THE BEGINNING
 THE ENDING RHS ARE THE SUBTRACTED FROM THE BEGINNING ONES
 AND THE RESULTS IS PLACED INTO THE APPROPRIATE SLACK COLUMN.
 THE REMAINDER OF THE VALUES ARE PRINTED ON PAGE TWO OF THE RE-
 SULTS .

SLACK VARIABLES

```

WRITE(6,21)
21 FORMAT(1H1,120X,'PAGE 06'//,50X,'SLACK ANALYSIS')
1 FORMAT(///// )
WRITE(6,1)
WRITE(6,8)
8 FORMAT(10X,'ROW',6X,'AVAILABLE',12X,'POS-SLK',12X,'NEG-SLK')
WRITE(6,1)
DO 19 I=1,NROWS
  NEGSLK=0.0
  POSSLK=0.0
  DO 11 J=1,NROWS
    M= Y(J)
    IF(I-M) 9,10,9
  9 IF(M-KEPT(I)) 11,12,11
11 CONTINUE
  GO TO 13
10 NEGSLK= RHS(J)
  GO TO 13
12 POSSLK=RHS(J)
13 WRITE(6,14) I,RHS1(I),POSSLK,NEGSLK
14 FORMAT(10X,I3,3F20.5)
19 CONTINUE
43 FORMAT(10X,I3,3X,F15.5)

```

C
C
C
C

VARIABLE AMOUNTS

WRITE(6,44)

PAGE 2

```
44 FORMAT(1H1,120X,'PAGE 07'//,50X,'VARIABLE ANALYSIS')
   WRITE(6,45)
45 FORMAT(////,7X,'VARIABLE          AMOUNT',//)
   DO 41 I=1,NROWS
   NCHCK= Y(I)-KPCK-NROWS
   IF(NCHCK) 41,41,42
42 WRITE(6,43) NCHCK,RHS(I)
41 CONTINUE
   WRITE(6,72)
72 FORMAT(1H1)
   WRITE(6,50)
50 FORMAT(//,55X,'ANALYSIS OF THE OBJECTIVE',23X,'PAGE 08',////,50X,'
1PRIORITY',10X,'UNDER-ACHIEVEMENT',/)
   DO 52 K=1,NPRT
   ZVAL(K)=0.0
   DO 51 I=1,NROWS
51 ZVAL(K)=ZVAL(K)+ VALY(I,K)*RHS(I)
   LISP= NPRT+1
   KK= LISP-K
   IF(TEST.EQ.0) GO TO 52
   KK= NPRT-K
   IF(KK.GT.0) GO TO 52
   WRITE(6,78) ZVAL(K)
78 FORMAT(/,45X,'ARTIFICIAL',5X,F20.5)
   GO TO 77
52 WRITE(6,53) KK,ZVAL(K)
53 FORMAT(1H0,52X,I2,5X,F20.5)
77 CONTINUE
   STOP
   END
```