

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SELEÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS COM ORÇAMENTOS SOB
CONDIÇÃO DE INCERTEZA

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

BRUNO HARTMUT KOPITTKE

FLORIANÓPOLIS

NOVEMBRO - 1978

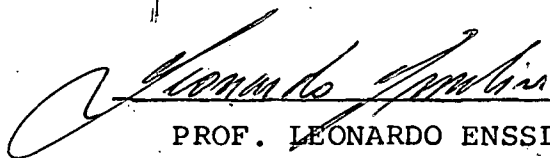
SELEÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS COM
ORÇAMENTOS SOB CONDIÇÃO DE INCERTEZA

BRUNO HARTMUT KOPITTKÉ

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE

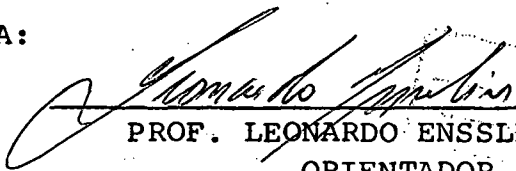
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.




PROF. LEONARDO ENSSLIN, Ph.D.
COORDENADOR

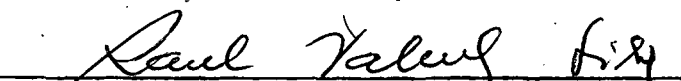
BANCA EXAMINADORA:



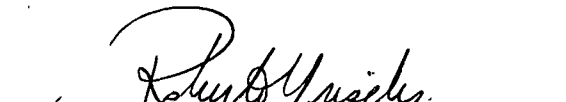
PROF. LEONARDO ENSSLIN, Ph.D.
ORIENTADOR



PROF. NELSON CASAROTTO FILHO, M.Sc.



PROF. RAUL VALENTIM DA SILVA, M.Sc.



PROF. ROBERTO KRISCHER, M.Sc.

AGRADECIMENTOS

À CAPES - Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelas condições proporcionadas para a realização do curso de Pós-Graduação.

Aos professores Luis Fernando Maia e Paulo R. Nascimento pela colaboração prestada.

Ao professor Leonardo Ensslin pela orientação dada.

R E S U M O

A seleção de projetos de investimentos, quando o número de alternativas é elevado, exige o uso de técnicas de programação matemática. Quando ainda é incorporado ao problema a condição de incerteza dos orçamentos, a situação torna-se complexa, mesmo com o uso das atuais técnicas de programação matemática.

Este trabalho aborda o caso geral de seleção de projetos de investimentos com orçamentos sob incerteza.

Numa primeira etapa o problema é analisado utilizando programação linear, sendo então apresentadas as vantagens e desvantagens do arredondamento das soluções, da utilização dos diversos tipos de restrições e das formulações alternativas do problema.

A etapa seguinte consiste no desenvolvimento de um algoritmo de programação paramétrica inteira, o qual é utilizado para determinar soluções ótimas para intervalos de orçamentos. Este algoritmo pode ser incorporado a qualquer programa de programação inteira. Foi desenvolvido um método de análise para avaliar as diversas soluções ótimas obtidas.

A etapa final do trabalho consiste na incorporação deste algoritmo em um programa de otimização inteira que utiliza o algoritmo de Balas, para efeito de ilustração do processo operacional de seleção de projetos de investimentos, com orçamentos sob condição de incerteza.

Um exemplo numérico ilustra o modelo desenvolvido.

A B S T R A C T

The selection of investment projects, when there is a large number of alternatives, requires the use of mathematical programming techniques. With the use of uncertain budgets, the selection process becomes very complex even using mathematical techniques.

The general case of project selection with uncertain budgets is discussed in this thesis.

The problem is first analysed using the technique of linear programming; using this technique the advantages and disadvantages of rounded solutions are discussed as well as the use of various types of limitations and alternative formulations of the problem.

The second part of the thesis consists of the development of a parametric integer programming algorithm which is used to determine optimum solutions for stepped changes in budgets. This algorithm can be adapted for any integer programming programme. An analysis technique is developed in order to evaluate the various optimum solutions obtained.

The final part of the thesis is the incorporation of the algorithm in an integer programme which uses the algorithm developed by Balas. In this way the operational process of investment selection with uncertain budgets is illustrated.

A numerical example illustrates the model.

S U M Á R I O

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Propósito	1
1.2. Importância	2
1.3. Limitações	3
1.4. Organização do trabalho	4
CAPÍTULO 2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE SELEÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS	5
CAPÍTULO 3 - MODELOS EXISTENTES	10
3.1. Modelo do valor presente e do horizonte de planeja- mento	10
3.2. Modelos mais sofisticados	15
CAPÍTULO 4 - MODELO PROPOSTO	16
4.1. Fluxograma geral	16
4.2. Comentários e detalhamento do fluxograma	19
4.3. Implantação do sistema em computador	24
4.4. Análise de portfólios em um intervalo de orçamen- tos	26
4.5. Subsídios para a determinação da taxa de mínima atratividade	29
CAPÍTULO 5 - ILUSTRAÇÃO	31
5.1. O problema	31

5.2. Soluções para o problema	32
5.3. Análise dos resultados do problema exemplo	40
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	41
6.1. Implantação do sistema em computadores de grande porte	43
BIBLIOGRAFIA	44
ANEXO 1 - ENTRADA DE DADOS DO PARAZEUM	45
ANEXO 2 - LISTAGEM DO PARAZEUM	48
ANEXO 3 - RELATÓRIO EMITIDO PELO PARAZEUM	59

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Entre os assuntos de maior relevância no processo decisório dos administradores está, sem dúvida, o da análise adequada dos projetos de investimentos, pois ela reflete as oportunidades e os objetivos da organização e a escolha dos projetos a serem implantados determinará a rentabilidade e a liquidez no futuro.

1.1. PROPÓSITO

O propósito central desta pesquisa consiste na concepção, desenvolvimento e implementação em computador de um novo modelo projetado para apresentar as melhores alternativas de investimento em situações onde o decisor tem em carteira uma série de projetos de investimentos e deseja saber quais projetos mais lhe convêm implantar considerando que seus orçamentos são flexíveis. O horizonte de planejamento deve ser definido e as alternativas de investimentos ou são executadas integralmente ou são abandonadas. As vantagens do modelo proposto em relação aos demais atualmente disponíveis para a solução deste problema são óbvias, uma vez que os métodos tradicionais ou são demasiadamente flexíveis que não geram a solução ótima, como é o caso dos modelos de programação linear, ou são tão rígidos que não incorporam em seu modelo matemático a maleabilidade da situação real, que é o caso da programação inteira e mista.

Os investimentos considerados podem ser financeiros ou

em outros ativos, tais como estoques, equipamentos, instalações ou mesmo aperfeiçoamento administrativo.

Para alcançar os objetivos propostos, tendo em vista a magnitude da proposta, uma vez que os problemas reais, via de regra, apresentam um número muito elevado de variáveis, tornou-se necessário:

- fazer um estudo prático da seleção de projetos de investimentos e indicar alguns caminhos a seguir quando se tem limitações computacionais de máquina e programas.
- apresentar subsídios para a determinação da taxa de mínima atratividade da empresa.
- apresentar um método de obtenção de todas as soluções ótimas existentes entre o conjunto de valores representativos dos orçamentos máximos e o conjunto dos valores correspondentes aos orçamentos mínimos disponíveis (orçamentos variáveis).
- desenvolver um método de análises destas soluções.
- indicar uma maneira prática de tornar paramétricos os algoritmos de programação inteira.
- implantar em computador o modelo proposto.

1.2. IMPORTÂNCIA

Os trabalhos realizados para a escolha do melhor portfólio consideram em seus modelos que os orçamentos são fixos, deixando para uma análise de sensibilidade toda a responsabilidade para a consideração da variabilidade orçamentária. Conforme

foi mostrado (1), esta análise final, via de regra, não possui a maleabilidade requerida pelo problema real, notoriamente quanto à variação permissível para os orçamentos. Neste trabalho, portanto, o autor se propõe a utilizar as vantagens dos métodos tradicionais e incorporar novas etapas de análise a fim de gerar várias soluções ótimas para um mesmo problema de acordo com a variação conjunta dos orçamentos, fornecendo assim ao empresário várias opções de decisão.

Existem modelos atuais que, se valendo de configurações de elevado porte, tais como 6600 da Burroughs, 1108 da Univac ou 370 da IBM, permitem a análise que o presente método se propõe a alcançar. Como a disponibilidade destes equipamentos está limitada a um número muito pequeno de empresas, poucos são os decisores que podem se valer destes processos. O presente trabalho se propõe, pois, a desenvolver um modelo de seleção de projetos de investimentos com recursos reduzidos de máquina para que um número bem maior de empresas esteja em condições de obter uma análise completa para o problema de seleção de investimentos.

1.3. LIMITAÇÕES

No problema geral de seleção de projetos de investimentos existe uma série de dificuldades práticas, tais como:

- os investimentos estão sujeitos a riscos, e
- o problema pode ser não linear.

Neste trabalho não são analisados estes problemas, mas os estudos feitos em investimentos com risco poderão ser incorporados ao mesmo. O trabalho também não é aplicável a investimen-

tos em ações, pois estes estão baseados em outros modelos. Para estes investimentos é sugerida a referência (1).

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 2, é discutido o número de anos do horizonte de planejamento e as razões pelas quais os orçamentos são variáveis, sendo então apresentada uma formulação matemática geral do problema de seleção de projetos de investimentos com orçamentos variáveis.

Os modelos básicos existentes e também os mais recentes, estão apresentados no capítulo 3. Neste capítulo também é analisado o uso dos diversos tipos de programação para estes modelos.

O modelo proposto com a discussão de sua implantação em computador e análise dos resultados obtidos estão no capítulo 4. Este capítulo contém, ainda, os subsídios para a determinação da taxa de mínima atratividade.

Um exemplo prático de utilização de programação paramétrica inteira está apresentado no capítulo 5.

O capítulo final apresenta as conclusões e recomendações para a aplicação do modelo e algumas considerações sobre futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE SELEÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS

A decisão de investir em ativos é, na maioria das vezes, uma situação irreversível. Ela envolve o compromissamento de grandes quantias de recursos da empresa por um longo período, e como o capital é, via de regra, bastante limitado, estas decisões devem ser cuidadosamente analisadas. Consequentemente, grande atenção deve ser alocada a estas situações, tanto para seus aspectos quantitativos como também qualitativos. O propósito central deste trabalho é o de fornecer elementos para melhor avaliar os aspectos quantitativos do processo de análise de investimentos irreversíveis.

Pode-se afirmar que uma má análise de boas oportunidades de investimento apresenta maiores possibilidades de sucesso que uma boa análise de más oportunidades.

As empresas necessitam, portanto, selecionar boas oportunidades de projetos para serem analisadas se desejam uma eficiente alocação de seus recursos (1). Em organizações estruturadas existem canais normais que fazem com que os diversos departamentos, seções e divisões enviem a um órgão financeiro central, responsável pela captação e seleção preliminar de projetos, as alternativas de investimento com seus respectivos benefícios e custos. Uma vez selecionados aqueles que se enquadram dentro dos objetivos da empresa, todas as propostas são consideradas, e a seleção final é realizada tendo em vista as limitações financeiras.

ras existentes e eventualmente alguma prioridade dos projetos(5).

As quantias disponíveis para investimento nos diversos anos não são fixas; são na verdade variáveis aleatórias tendo em vista que:

- o lucro da empresa pode ainda não ser conhecido.
- a disposição dos empresários para investir depende muito dos fatores imponderáveis e subjetivos.
- as metas a curto prazo das empresas dependem das oportunidades de mercado.
- as quantias a serem investidas dependem não só do retorno dos projetos, mas também dos interesses da alta administração.

Esta aleatoriedade faz com que as limitações financiras possam por vezes apresentar variabilidade bastante elevada.

Um fator importante em orçamento de capital é o número de anos (horizonte de planejamento) em que vão ser consideradas restrições orçamentárias e feitas previsões de receitas e despesas. Trabalhos realizados nesta área (3), consideram que um horizonte de planejamento de cinco a dez anos, formados de períodos de um ano, é adequado para as empresas norte-americanas. O número de períodos considerados depende da natureza da empresa. Empresas ligadas à geração de energia elétrica e telecomunicações, consideram maior número de períodos de orçamento que as empresas ligadas à produtos de moda.

No Brasil, devido à inflação e a incerteza a curto prazo verificada em todos os setores produtivos, não é aconselhável às empresas privadas considerarem horizontes de planejamento envolvendo períodos superiores a 5 anos, devido a pouca informação

que se possui a respeito do desempenho econômico para horizontes mais amplos.

Além das limitações orçamentárias poderão haver outras restrições tais como: mão-de-obra, energia, matéria-prima etc. Estas deverão ser incorporadas ao critério de seleção.

Uma vez levantados os dados referentes a todas estas situações, o setor responsável pode então passar a análise e seleção do subconjunto de projetos que deverão ser implementados. Esta tarefa para situações onde o número de alternativas é elevado é realizada com ajuda do seguinte modelo de programação matemática:

Maximizar:

$$Z = P_1 \sum_{j=1}^n b_j \cdot x_j + \sum_{k=2}^m P_k \sum_{j=1}^n d_{jk} x_j \quad (1)$$

Sujeito à:

$$\sum_{j=1}^n c_{tj} x_j \{ \leq, =, \geq \} \alpha C_t \quad (2)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$\sum_{j=1}^n f_{tj} x_j \{ \leq, =, \geq \} \beta F_t \quad (3)$$

$$0 \leq x_j \leq K_j \quad (4)$$

x_j inteiro

onde:

P_k = Peso relativo do objetivo k

b_j = Valor presente do projeto j

x_j = Número de vezes que o projeto j será executado

d_{jk} = Medida em que o projeto j atinge o objetivo k da empresa.

α = Parâmetro que define a variação de C_t

T = Número de períodos (em geral número de anos) do horizonte de planejamento

C_t = Orçamento disponível no período t

c_{tj} = Investimento no projeto j no período t

f_{tj} = Recursos não financeiros requeridos pelo projeto j no período t

β = Parâmetro que define a variação de F_t

F_t = Recursos das restrições não orçamentárias disponíveis no período t

K_j = Número máximo de vezes que o projeto j poderá ser executado.

Caso o objetivo da empresa for apenas maximizar o valor presente dos investimentos feitos, a equação (1) fica restrita a:

Maximizar:

$$Z = \sum_{j=1}^n b_j x_j \quad (5)$$

Além das restrições (2), (3) e (4), devem ser acrescentadas aquelas que representam as interrelações entre os projetos (no caso de haver projetos exclusivos entre si ou contingentes*). Estas restrições estão apresentadas na referência (9).

* - Dois projetos são contingentes quando a implantação de um só pode ser feita após a implantação do outro.

CAPÍTULO 3

MODELOS EXISTENTES

3.1. MODELO DO VALOR PRESENTE E DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

O primeiro modelo de programação matemática apresentado para a seleção de projetos de investimentos pode ser representado por um modelo matemático do tipo:

Maximizar:

$$z = \sum_{j=1}^n b_j x_j \quad (6)$$

Sujeito à:

$$\sum_{j=1}^n c_{tj} x_j \{ \leq, =, \geq \} C_t \quad (7)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$0 \leq x_j \leq 1 \quad (8)$$

onde:

b_j = Valor presente do projeto j

c_{tj} = Investimento no projeto j no período t

T = Número de períodos (em geral número de anos) para os quais será realizada previsão orçamentária

C_t = Orçamento disponível no período t

x_j = Fração do projeto j que será executada.

Os projetos em geral só podem ser executados um número inteiro de vezes, ou mais particularmente uma vez. Temos então:

$x_j = 0$ o projeto j não deverá ser executado

$x_j = 1$ o projeto j deverá ser executado

Quando se usa programação inteira a restrição (8) é substituída pela restrição:

$$x_j = 0 \text{ ou } 1 \quad (9)$$

O modelo descrito será referido neste trabalho como modelo do Valor Presente.

Para o caso em que alguns projetos podem ser realizados mais de uma vez, este procedimento não limita a validade do modelo, pois basta substituir a variável correspondente por uma combinação linear de variáveis (0, 1). Esta transformação entretanto, aumenta o número de variáveis do problema e somente poderá ser feita com poucas variáveis (6, página 477).

Além do modelo do valor presente, foi proposto (9) um outro, que será referido como modelo básico do horizonte de planejamento, que tem a seguinte forma:

Maximizar:

$$Z = \sum_{j=1}^n a_j x_j + v_T - w_T \quad (10)$$

Sujeito à:

$$\sum_{j=1}^n a_{1j} x_j + v_1 - w_1 \quad \{<, =, >\} D_1 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{tj} + x_j - (1+r) v_{t-1} + v_t + (1+r) w_{t+1} - w_t \{<, =, >\} D_t \quad (12)$$

$$t = 2, 3, \dots, T$$

$$0 \leq x_j \leq 1 \quad (13)$$

$$v_t, w_t \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (14)$$

onde :

a_j = Benefícios não financeiros do projeto j no horizonte de planejamento.

x_j = fração do projeto j adotada.

a_{tj} = fluxo de caixa do projeto j no período t considerando-se positivas as saídas de caixa e negativas as entradas de caixa .

T = horizonte de planejamento.

D_t = fundos gerados pela empresa no ano t devidos aos recursos que a empresa controla, excluídas as entradas provenientes dos investimentos em análise.

r = taxa de juros.

v_t = montante disponível na entidade para ser emprestado no ano t .

w_t = montante que deverá ser tomado emprestado no ano t .

A equação (10) mostra que o objetivo consiste em maxi

mizar o valor dos ativos - a_j , v_T , w_T -, financeiros ou não, no ano do horizonte de planejamento. Weingartner (9), provou que maximizar o valor terminal da empresa equivale a maximizar o seu valor presente a taxa r . Este modelo permite transações financeiras as quais consistem em emprestar - v_t - ou tomar emprestado - w_t - quantias de dinheiros de um ano para o ano seguinte a uma taxa de juros r .

Em ambos os modelos deverão ser acrescentadas as restrições representativas das interrelações entre os projetos.

Uma vantagem do modelo acima sobre o do Valor Presente é a possibilidade de transferir recursos de um ano para anos subsequentes.

Sugere-se, quando for utilizado o modelo do Valor Presente, que se em um ano existir uma grande disponibilidade orçamentária e num dos anos seguintes haver limitações nos orçamentos que se verifique a possibilidade de investir em projetos de alta liquidez e incluir estes projetos no problema, mesmo se eles apresentarem uma rentabilidade baixa. Desta forma, a solução obtida não é prejudicada por limitações fictícias, isto é, orçamentos insuficientes em anos subsequentes a boas disponibilidades.

Para a resolução dos modelos descritos tem sido sugerido o uso de Programação Linear (PL); Programação Inteira (PI) ou Programação Inteira Mista (PIM).

A vantagem da utilização da PL em relação a PI e a PIM é a maior versatilidade (análise de pós-otimização) e simplicidade do algoritmo simplex em relação aos algoritmos de programação inteira. Há programas de PL para os computadores de pequeno

porte, como o IBM-1130, que resolvem sistemas de 50 restrições com 50 variáveis em tempos razoáveis. A solução de problemas de tal ordem por PIM utilizando "Branch and Bound" em um IBM-360/40 exige, em geral, utilização de disco para armazenamento de matriz, o que torna o programa muito demorado.

Weingartner (9) provou que, utilizando os modelos descritos, o número máximo de variáveis fracionárias é igual ao número de períodos considerados (T). Como foi visto no capítulo 2, o número de períodos a serem considerados é, em geral, igual ou menor que cinco, sendo, pois, de se esperar que tenhamos de duas até cinco variáveis fracionárias em uma solução obtida por programação linear. Sendo pequeno o número de variáveis fracionárias e dadas as dificuldades computacionais da PIM, a utilização de PL com arredondamento das variáveis se torna bastante vantajosa nestes casos (1).

O algoritmo que melhor se adapta a solução de problemas com variáveis inteiras e mistas em computador é o "Branch and Bound". Infelizmente os programas deste algoritmo só são eficientes em computadores de porte maior. A utilização de modelos do horizonte de planejamento requer o uso de programas com variáveis inteiras e mistas ou a técnica do arredondamento das variáveis com PL.

Para problemas com variáveis do tipo zero-um, existem algoritmos mais simples como o desenvolvido por Balas e modificado por Geoffrion e outros (10). Para problemas de até 130 variáveis este algoritmo é eficiente (10). A desvantagem deste algoritmo está no fato de que não poderá ser utilizado em modelos onde existam variáveis mistas.

3.2. MODELOS MAIS SOFISTICADOS

Os modelos que tem sido propostos são, em geral, derivados do modelo do horizonte de planejamento.

Dwight F. Rychel (7), propôs um modelo que dá ênfase à obtenção de previsões com dados estatísticos e aos objetivos múltiplos da empresa.

Hamilton e Moses (3), adaptaram um modelo de simulação a um modelo de programação inteira mista para a obtenção de portfólios ótimos.

A utilização de programação por objetivos (Goal Programming) em seleção de projetos de investimentos foi estudada por James P. Ignizio (4).

Todos estes modelos estão baseados em um tipo de programa e requerem a utilização de computadores de grande porte, ao contrário deste trabalho, que visa dar subsídios para que as empresas desenvolvam e/ou escolham os programas que melhor se adaptam às suas necessidades através do uso de máquinas de menor porte.

CAPÍTULO 4

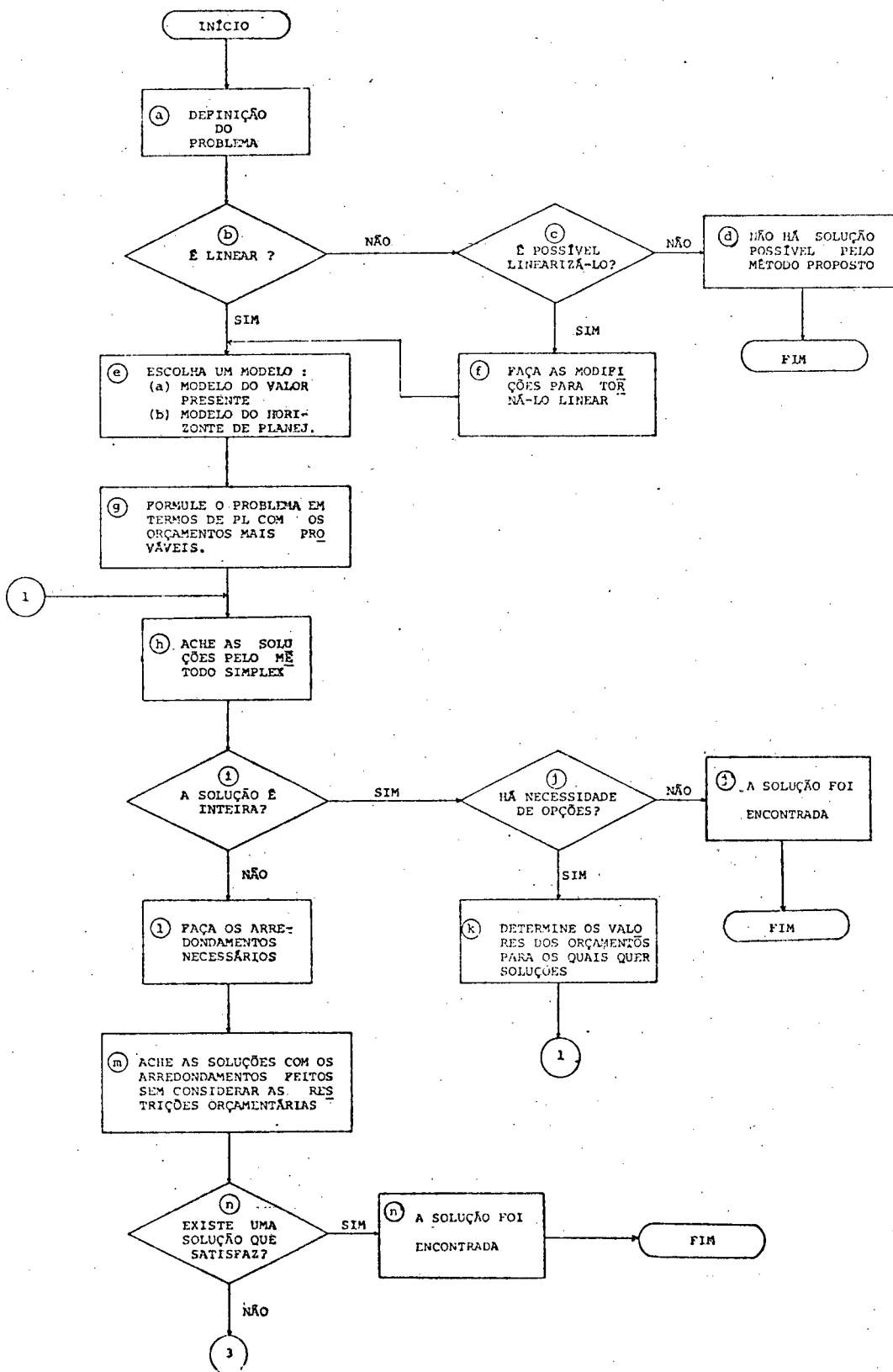
MODELO PROPOSTO

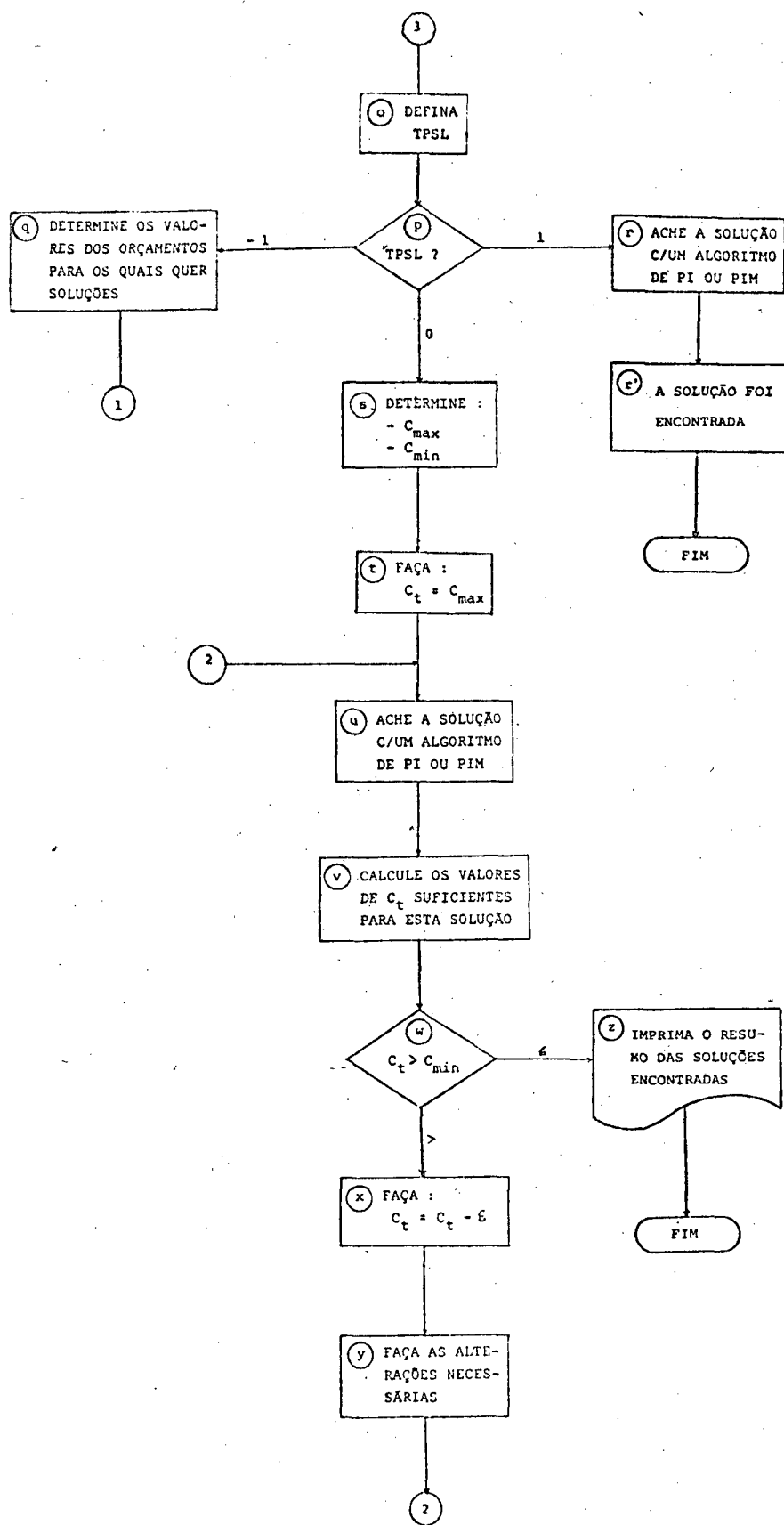
4.1. FLUXOGRAMA GERAL

O modelo proposto está resumido no fluxograma a seguir.

Este fluxograma é geral e deverá ser adaptado às condições específicas de cada empresa; poderá ser programado em maior ou menor grau de sofisticação de acordo com os recursos em programas e equipamentos (software e hardware) disponíveis à empresa. Por esta razão considerou-se a utilização de Programação Linear (PL), Programação Inteira (PI), Programação Inteira Mista (PIM) e Programação Paramétrica na solução do problema em estudo. O principal programa desenvolvido encontra-se listado em anexo, seu fluxograma está incluído no fluxograma geral que é apresentado a seguir.

FLUXOGRAMA GERAL





4.2. COMENTÁRIOS E DETALHAMENTO DO FLUXOGRAMA

- a*- A definição do problema implica na discriminação completa de todos os projetos de investimentos à disposição da empresa com seus respectivos fluxos de caixa e suas interrelações. Podem haver:
- projetos independentes
 - projetos mutuamente exclusivos
 - projetos cotingentes
 - projetos correlacionados
- b - O problema poderá não ser linear por diversas razões entre as quais destacam-se:
- existência de projetos correlacionados
 - a função objetiva não é linear
- c,f - Se existir correlação entre os projetos, o problema não é linear. Em alguns casos ele poderá ser linearizado, da seguinte maneira:
- Sejam x_o e x_p dois projetos correlacionados com valores presentes VP_o e VP_p , respectivamente. A execução simultânea de x_o e x_p tem valor presente:

$$VP_{op} \neq VP_o + VP_p$$

Neste caso considera-se os projetos x_o e x_p mutuamente exclusivos e define-se um terceiro projeto,

$$x_{op} = \text{execução simultânea de } x_o \text{ e } x_p$$

com valor presente VP_{op} .

* - As letras dos itens correspondem às etapas do fluxograma geral.

- d - Os problemas não lineares e que não podem ser transformados em problemas lineares estão fora do objetivo deste trabalho.
- e - O modelo a ser adotado será derivado daqueles descritos no item (3.1.). A empresa deverá escolher, levando em conta os programas que dispõe ou poderá dispor, aquele que melhor se adapta as suas necessidades.
- g - Inicialmente serão considerados apenas os orçamentos mais prováveis. Mais adiante será considerada a possibilidade de mudanças de orçamentos e até de intervalos de orçamentos.
- h - Poderá ser utilizado qualquer programa de programação linear existente (LPMOSS, LPGOGO, MFOR, etc.).
- i - Geralmente a solução não será inteira, mas ela poderá ser quase inteira, isto é, os valores das variáveis fracionárias próximos a um número inteiro.
- l, m - O número de variáveis fracionárias e seus valores dependem do problema em estudo podendo-se deparar com as situações mais diversas. Em alguns casos, quando os valores destas variáveis são bastante próximos de um inteiro, o arredondamento das mesmas para o inteiro mais próximo pode levar diretamente a solução ótima (l). Quando isto não ocorrer sugere-se o seguinte procedimento:
 - Calcular os valores de Z e dos C_t 's necessários arredondando as variáveis fracionárias para o in-

teiro inferior.

- Considerando:

- a) o valor de cada variável fracionária e sua relação com as restrições orçamentárias
- b) as flexibilidades das restrições orçamentárias
- c) o incremento:

Δ Valor Presente

Δ Total Investido

de cada variável fracionária

Deve-se fazer os arredondamentos necessários com as devidas opções.

Como as restrições orçamentárias em geral são flexíveis, é conveniente analisar também, as soluções que ultrapassam os orçamentos previstos.

As soluções assim obtidas deverão ser testadas, resolvendo-se o problema outra vez, utilizando como restrições orçamentárias (C_t 's) os valores dos orçamentos necessários para cada solução.

Desta maneira serão obtidas várias soluções e o decisor terá opções na sua escolha. Este procedimento poderá ser programado totalmente ou parcialmente de acordo com as necessidades da empresa.

n - Se já houver alternativas suficientes para uma boa escolha e houver certeza de que os orçamentos não serão alterados o problema pode ser considerado resolvido.

A decisão de escolher determinado portafólio - e conse-

quentemente a de não continuar na determinação de novos portafólios - depende:

- 1º - do valor de Z. Se Z já atingiu um valor próximo ao obtido na etapa "h", utilizando restrições orçamentárias equivalentes, o portafólio obtido pode ser considerado bom.
 - 2º - o número de opções pode ser suficiente ou não.
 - 3º - os orçamentos das soluções são muito elevados ou muito baixos havendo interesse em soluções de orçamentos intermediários.
- o - Caso o decisor deseje mais opções deverá definir:

TPSL = 1 para obter a solução inteira para os orçamentos considerados

TPSL = -1 e obter soluções para outros orçamentos fixos através de PL

TPSL = 0 para obter soluções inteiras em intervalos de orçamentos.

Sob o ponto de vista computacional a terceira opção consumirá mais tempo, mas fornecerá um maior número de opções e uma análise mais ampla do problema. Se desde o início já for esta a orientação do decisor da empresa deve-se passar do estágio "g" diretamente ao estágio "s" deixando de fora os estágios intermediários.

- s - Deverão ser fixados os valores dos orçamentos máximos e mínimos, isto é, o intervalo de orçamentos para os quais se pretende obter soluções.

- t - Parte-se dos orçamentos máximos para os mínimos, pois desta maneira obter-se-á todas as soluções em um intervalo determinado sem repetir soluções.
- u - As soluções inteiras em geral não esgotam os orçamentos disponíveis. Os orçamentos suficientes são então calculados pelas relações:

$$C_t = c_{tj} x_j$$

- x - O valor de ϵ depende do programa utilizado e do problema a ser resolvido. Quando se utiliza enumeração implícita (algoritmo de Balas modificado) a matriz de dados é inteira. Neste caso deve-se fazer $\epsilon = 1$. Nos programas de PIM o valor de ϵ não deverá ser pequeno demais para não causar erros de arredondamento nem grande demais de maneira a omitir soluções ótimas.
- y - De acordo com o programa, de PI ou PIM utilizado, será necessário fazer algumas alterações tais como zerar variáveis, arredondar soluções ou fornecer os valores iniciais adequados para algumas variáveis.

4.3. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA EM COMPUTADOR

Como já foi enfatizado no item 4.1., o modelo proposto apresenta uma grande flexibilidade quanto a sua implantação em computador. Inicialmente será descrita a implantação em um IBM-360/40; no capítulo final é sugerido um sistema alternativo, mais sofisticado, para empresas que disponham de equipamentos de maior porte.

O sistema implantado é formado, além de um programa de PL, pelos seguintes programas:

RELATOIN : destinado a emitir relatórios das soluções arredondadas obtidas por PL.

ALGOZEUM : determina a solução inteira ótima para orçamentos fixos.

PARAZEUM : acha as soluções ótimas inteiras em um intervalo de orçamentos.

Todos estes programas emitem relatórios no mesmo formato com as seguintes informações:

- número do portfólio (solução)
- valor presente do portfólio
- projetos escolhidos com seus fluxos de caixa
- orçamentos necessários para os projetos escolhidos
- índice de lucratividade do portfólio
- total investido descontado à taxa de juros considerada (taxa de mínima atratividade) sem considerar reinvestimentos.

Os programas RELATOIN e PARAZEUM ainda emitem um quadro comparativo dos portfólios encontrados. Por ser o programa mais completo e de certa forma conter os três, foi listado em anexo o PARAZEUM. Em anexo também foi incluída a entrada de dados deste programa.

A elaboração do ALGOZEUM e do PARAZEUM teve como base um programa pronto do algoritmo de Balas modificado por Geof-

frion, apresentado na referência (6). Este programa resolve problemas do tipo:

Maximizar:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_NX_N \quad (15)$$

Sujeito à:

$$A_{i1}X_1 + A_{i2}X_2 + \dots + A_{iN}X_N \{<, =, >\} B_i \quad (16)$$

$$i = 1, 2, \dots, M \quad e$$

$$X_j = 0 \text{ ou } 1 \quad (17)$$

$$j = 1, 2, \dots, N$$

onde os A_{ij} , B_i e C_j são constantes inteiras dadas e X_j são as variáveis de decisão.

A utilização destes programas está explicada no fluxograma geral e no seu detalhamento (4.1.) e (4.2.).

A obtenção de todas as soluções em um intervalo de orçamentos é feita pelo PARAZEUM, iniciando com o(s) orçamento(s) máximo(s) e através de diminuições sucessivas do(s) orçamento(s) chegando-se ao(s) orçamento(s) mínimo(s). Uma alternativa para se fazer programação paramétrica inteira é utilizar a solução ótima inteira anterior como base inicial para o novo problema. Desta maneira, a nova solução ótima talvez seja obtida mais rapidamente. A desvantagem deste método é que ele não é geral, isto é, as modificações a serem introduzidas nos programas de programação inteira não são tão simples, dependem da natureza do programa utilizado e requerem conhecimento detalhado do mesmo, o

qual em geral, não é fornecido pelos manuais existentes.

4.4. ANÁLISE DE PORTAFÓLIOS EM UM INTERVALO DE ORÇAMENTOS

A obtenção de apenas uma solução ótima para o problema em estudo pode levar à decisões precipitadas. As várias soluções compreendidas entre os valores dos orçamentos máximos e mínimos apresentam lucratividades diferentes, sendo que uma solução pode ter nítidas vantagens em relação a outra. Como o número de soluções possíveis é muito elevado, é comum obter-se uma solução ótima para determinados orçamentos e depois, resolvendo o mesmo problema com orçamentos menores, obter-se uma solução com a função objetiva igual ou apenas ligeiramente inferior a anterior. A diferença entre duas soluções em geral não será de apenas um projeto, mas sim uma combinação diferente de projetos. Pode-se, entretanto, considerar a diferença das duas soluções como sendo um projeto a analisar a viabilidade de aceitar este projeto. Se ele for vantajoso será escolhida a solução de orçamento maior, se não o for, a solução de orçamento mais baixo deverá ser escolhida. É, pois, interessante obter várias soluções num intervalo de orçamentos e então efetuar a análise comparativa das mesmas considerando o incremento:

$$\frac{\Delta \text{ Valor Presente}}{\Delta \text{ Total Investido}}$$

o qual mostra a vantagem de uma solução em relação a anterior.

Esta é uma das grandes vantagens de se utilizar progra

mação paramétrica. A vantagem de se utilizar programação paramétrica inteira em relação a programação paramétrica linear é que naquela obtem-se diretamente pelo computador todas as soluções ótimas de um intervalo, enquanto que na PL o número de arredondamentos e de vezes que se deverá rodar um programa será muito elevado.

Os orçamentos poderão ser alterados conjuntamente ou isoladamente. A variação isolada do orçamento de um ano permite a análise de sensibilidade de uma solução em relação a este orçamento e poderá indicar os anos em que as dotações orçamentárias são mais críticas.

Para facilitar a análise sugerida propõe-se a elaboração de quadros comparativos das soluções obtidas. O primeiro quadro comparativo deverá relacionar as soluções obtidas de acordo com o Quadro 1, a seguir.

QUADRO 1: COMPARAÇÃO DE TODOS OS PORTAFÓLIOS

NÚMERO DO PORTAFÓLIO	VALOR PRESENTE VP	ÍNDICE DE LUCRATIVI DADE	TOTAL INVESTIDO

Os portafólios tendem a apresentar um índice de lucratividade crescente a medida que os orçamentos diminuem. Isto é evidente pois os melhores projetos são os primeiros a serem escolhidos; a medida que os orçamentos aumentam vão sendo incorporados os projetos menos rentáveis.

A análise dos portfólios é feita a partir do de menor (es) investimento(s) até o de maior(es) investimento(s), verificando quais os que apresentam melhores índices de lucratividade e considerando ainda outros fatores como orçamentos(s) necessário(s) no(s) ano(s) crítico(s). Pode-se dizer, de uma maneira geral, que um portfólio apresenta um bom índice de lucratividade se este for superior a um índice consecutivo e não inferior a um índice anterior.

Os melhores portfólios obtidos nesta seleção, são então dispostos em um segundo quadro que poderá ter a seguinte disposição:

QUADRO 2 : COMPARAÇÃO DOS MELHORES PORTAFÓLIOS

NÚMERO DO PORTAFÓLIO	VALOR PRE SENTE VP	TOTAL INVES TIDO TI	ORÇA- MENTO DO ANO CRÍTICO	INCREMENTO EM RELAÇÃO					
				AO ANTERIOR			AO MENOR		
				VP	TI	$\frac{\Delta VP}{\Delta TI}$	VP	TI	$\frac{\Delta VP}{\Delta TI}$

Tendo o quadro 2 preenchido, o decisor terá condições de escolher qual o portfólio a ser implementado. A decisão dependerá, além dos fatores intangíveis, da taxa de mínima atratividade do investidor.

4.5. SUBSÍDIOS PARA A DETERMINAÇÃO DA TAXA DE MÍNIMA ATRATIVIDADE

A obtenção de portfólios ótimos está condicionada ao conhecimento da taxa de mínima atratividade (TMA) da empresa. Infelizmente esta, em geral, não é conhecida com a precisão necessária. É sugerido o seguinte procedimento iterativo para determiná-la:

(a) Resolver o problema utilizando a melhor estimativa da TMA da maneira indicada no fluxograma da etapa "a" até a etapa "m".

(b) Selecionar os dois portfólios de maior índice:

$$\frac{\text{Valor Presente}}{\text{Total Investido}}$$

e calcular a diferença entre estes dois portfólios, ou

(b') Determinar, fazendo uma análise de sensibilidade, o projeto que seria incorporado ao melhor portfólio caso a(s) restrição(ões) orçamentária(s) do(s) ano(s) crítico(s) fossem aumentada(s).

(c) Determinar a taxa de retorno do projeto do item (b) ou (b').

(d) Verificar se a diferença entre a TMA do item (a) e a taxa obtida em (c) é significativa. Se for, adotar como TMA a taxa do item (c) e voltar ao item (a). Se a diferença não for significativa, considere-se a estimativa feita em (a) como correta.

A determinação da TMA pode, pois, ser feita através de

PL. Pode-se também, determinar a TMA utilizando-se programação pa-
ramétrica inteira. Dispondo os melhores portafólios e suas dife-
renças de acordo com o quadro 3, a TMA é a taxa de retorno do pro-
jeto diferença entre o portafólio escolhido e o portafólio imedia-
tamente superior.

QUADRO 3: MELHORES PORTAFÓLIOS E SUAS DIFERENÇAS

Nº DO POR- TAFÓLIO OU DIFERENÇA	VALOR PRESENTE VP	TOTAL INVESTIDO TI	ÍNDICE DE LUCRATIVI- DADE

Uma vez determinada a TMA, o problema deverá ser resolvi-
do outra vez, utilizando-se como coeficientes da função objetiva
os valores presente (caso for utilizado o modelo do valor presen-
te) dos projetos calculados com base nesta nova TMA.

CAPÍTULO 5

ILUSTRAÇÃO

5.1. O PROBLEMA

Para ilustrar o método de obtenção e análise de soluções paramétricas em seleção de projetos de investimentos foi escolhido um problema didático envolvendo dez projetos. O problema está sintetizado no Quadro 4, abaixo:

QUADRO 4: PROBLEMA EXEMPLO

NÚMERO DO PROJETO	VALOR PRESENTE VP(10%)	FLUXOS DE INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS NO INÍCIO DE CADA PERÍODO*					
		1º ANO	2º ANO	3º ANO	4º ANO	5º ANO	6º ANO
1	14	12	3	3	0	-24	-24
2	11	18	3	8	8	-65	0
3	17	6	6	4	3	-18	-35
4	15	6	2	1	1	-13	-25
5	8	15	3	-8	-8	-10	-10
6	12	6	6	3	3	-22	-21
7	15	20	-5	-5	-5	-33	0
8	10	36	4	4	2	-41	-41
9	12	18	5	5	7	7	-78
10	10	30	20	10	10	9	-129
ORÇAMENTOS DISPONÍVEIS	MÁXIMO	70	25	20	15	-	-
	MÍNIMO	30	25	20	15	-	-

* As saídas de caixa são positivas e as entradas negativas.

O horizonte de planejamento é de cinco anos (investimento inicial mais cinco períodos de um ano). Serão consideradas restrições orçamentárias para os quatro primeiros períodos (investimento inicial mais três períodos). Isto não implica em que os projetos não requerem investimentos a partir deste ano, mas apenas que não haverá restrições em relação aos investimentos necessários a partir deste ano.

Como pode ser visto, só foi considerado variável o orçamento do primeiro ano, pois este é o mais crítico.

5.2. SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA

Foram obtidas dez soluções inteiras para este problema as quais serão chamadas de Portafólio 1, 2, ..., 10. O tempo total de CPU foi de 127 segundos no IBM-360/40 da UFSC. A obtenção de uma solução adicional requer de 3 a 4 segundos. O relatório dos dados de entrada e das soluções obtidas é o seguinte:

LIMITES DO PROBLEMA :

Nº de Variáveis = 10 Nº de Restrições = 4 Nº de Iterações=100
 Código de Otimização = 1

Nº da Coluna	Coef. da F.O.	Coef. das Restrições				
1	14	12	3	3	0	
2	11	18	3	-8	-8	
3	17	6	6	4	3	
4	15	6	2	1	1	
5	8	15	3	8	8	
6	12	6	6	3	3	
7	15	20	-5	-5	-5	
8	10	36	3	4	2	
9	12	18	3	5	7	
10	10	30	20	10	10	

Código da Restrição	Valor
2	70
2	25
2	20
2	15

Orçamentos Mínimos

30	25	20	15
----	----	----	----

Programação Inteira, Algoritmo de Balas reformulado

			N = 10
Iteração nº	1	Valor da F.O. =	66
Iteração nº	4	Valor da F.O. =	54
Iteração nº	11	Valor da F.O. =	39

TERMINOU

Iteração nº	15	Valor da F.O. =	39
-------------	----	-----------------	----

Variáveis Básicas X(J)

J = 1 3 4 6 7 9

ZOPT = 85

PORTAFÓLIO NÚMERO 1

VALOR PRESENTE Cr\$ 85

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
9	18	3	5	7
RESTRIÇÃO	68	15	11	9

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.773

Total Investido = Cr\$ 110

Novos valores das restrições orçamentárias: 67 25 29 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 2

VALOR PRESENTE Cr\$ 81

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
5	15	3	8	8
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRIÇÃO	65	15	14	10

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.735

Total Investido = Cr\$ 110

Novos valores das restrições orçamentárias: 64 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 3

VALOR PRESENTE Cr\$ 77

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
2	18	3	-8	-8
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
5	15	3	8	8
6	6	6	3	3
RESTRIÇÃO	63	23	11	7

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.694

Total Investido = Cr\$ 111

Novos valores das restrições orçamentárias: 62 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 4

VALOR PRESENTE Cr\$ 73

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	6	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
7	20	-5	-5	-5
9	18	8	5	7
RESTRIÇÃO	62	9	8	6

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.779

Total Investido = Cr\$ 94

Novos valores das restrições orçamentárias: 61 25 20 15

PORTA F Ó L I O N Ú M E R O 5

VALOR PRESENTE Cr\$ 73

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRIÇÃO	50	12	6	2

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.915

Total Investido = Cr\$ 80

Novos valores das restrições orçamentárias: 49 25 20 15

PORTA F Ó L I O N Ú M E R O 6

VALOR PRESENTE Cr\$ 70

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
9	18	3	5	7
RESTRIÇÃO	48	20	16	14

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.778

Total Investido = Cr\$ 90

Novos valores das restrições orçamentárias: 47 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 7

VALOR PRESENTE Cr\$ 66

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
5	15	3	8	8
6	6	6	3	3
RESTRIÇÃO	45	20	19	15

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.732

Total Investido = Cr\$ 90

Novos valores das restrições orçamentárias: 44 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 8

VALOR PRESENTE Cr\$ 61

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
7	20	-5	-5	-5
RESTRIÇÃO	44	6	3	-1

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.959

Total Investido = Cr\$ 64

Novos valores das restrições orçamentárias: 43 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 9

VALOR PRESENTE Cr\$ 59

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRIÇÃO	38	9	3	2

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.943

Total Investido = Cr\$ 63

Novos valores das restrições orçamentárias: 37 25 20 15

PORTAFÓLIO NÚMERO 10

VALOR PRESENTE Cr\$ 58

PROJETOS ESCOLHIDOS

Número do Projeto	Investimentos Necessários			
	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
RESTRIÇÃO	30	17	11	7

Índice de Lucratividade do Portafólio = 0.970

Total Investido = Cr\$ 60

RESUMO DOS PORTAFÓLIOS OBTIDOS

Número do Portafólio	Valor Presente	Total Investido	Índice de Lucratividade
1	85	110.	0.773
2	81	110.	0.735
3	77	111.	0.694
4	73	94.	0.779
5	78	80.	0.915
6	70	90.	0.778
7	66	90.	0.732
8	61	64.	0.959
9	59	63.	0.943
10	58	60.	0.970

5.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROBLEMA EXEMPLO

O valor do total investido foi obtido trazendo os valores dos investimentos necessários nos projetos escolhidos (c_{ij}) dos diversos anos para o presente a uma taxa de juros de 10%. Foram desconsiderados os reinvestimentos, isto é, só foram considerados os valores positivos. A análise dos resultados, entretanto, foi feita sem considerar a taxa de mínima atratividade da empresa.

O quadro comparativo dos portafólios obtidos (conforme item 4.4, quadro 1), foi fornecido no final da listagem do PARA ZEUM com o título "RESUMO DOS PORTAFÓLIOS OBTIDOS", acima descrito. Examinando este resumo verificamos que os portafólios de bom índice de lucratividade são os de números 1, 5, 8 e 10. A análise destes quatro portafólios pode ser melhor feita com o auxílio do Quadro 5.

QUADRO 5: COMPARAÇÃO DOS MELHORES PORTAFÓLIOS
DO PROBLEMA EXEMPLO.

NÚMERO DO PORTAFÓLIO	VALOR PRE SENTE VP	TOTAL INVES TIDO TI	ORÇA- MENTO DO ANO CRÍTICO	INCREMENTO EM RELAÇÃO					
				AO ANTERIOR			AO MENOR		
				VP	TI	$\frac{\Delta VP}{\Delta TI}$	VP	TI	$\frac{\Delta VP}{\Delta TI}$
10	58	60	30	-	-	-	-	-	-
8	61	64	44	3	4	0,75	3	4	0,75
5	73	80	50	12	16	0,75	15	20	0,75
1	85	110	68	12	30	0,40	24	50	0,54

O decisor da empresa, com auxílio do quadro 5, e levando em conta também os fatores intangíveis, tem agora condições de tomar uma boa decisão.

Caso o problema tivesse sido resolvido para orçamentos fixos, o decisor não teria opções de escolha; além disso, se, por exemplo, o orçamento para o primeiro ano fosse de Cr\$ 49, o portfólio escolhido seria o de número 6, o qual apresenta evidentes desvantagens em relação ao de número 5. O portfólio número 6 requer mais investimentos que o 5 e apresenta valor presente menor.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No fluxograma geral (4.1. e 4.2.) indicou-se como os diversos programas de PL, PI e PIM poderão ser melhor utilizados na seleção de portafólios; foram apresentadas opções para o caso em que se dispõe de recursos limitados de programas (software) ou de equipamentos (hardware). Nestes itens também foi apresentada uma maneira prática de tornar paramétricos os programas de programação inteira.

A análise feita dos diversos portafólios em um intervalo de orçamentos (5.3.), mostrou a utilidade prática do modelo adotado.

Mesmo após a escolha dos projetos a serem implantados poderá haver uma variação dos orçamentos disponíveis por diversas razões entre as quais destacam-se:

- maiores ou menores facilidades na obtenção de empréstimos
- flutuações econômicas poderão alterar as previsões utilizadas
- o desempenho da empresa foi diferente do previsto.

A variação dos orçamentos disponíveis torna necessário adotar uma nova solução (portafólio). Caso já se disponha de soluções para um intervalo de orçamentos a nova solução pode já ter

sido determinada. Caso não se dispuser de uma solução adequada para a nova situação o fluxograma geral deverá ser reaplicado.

Uma variação dos custos dos projetos poderá tornar necessária a determinação de novas soluções ótimas.

O fato de o horizonte de planejamento ser em geral de dois a cinco anos não implica, portanto, em se fazer uma nova seleção de projetos de investimentos apenas quando passar este período. Provavelmente será necessário fazer uma nova seleção antes deste período pois:

- as disponibilidades orçamentárias poderão mudar
- surgirão novas opções de investimento
- os objetivos da empresa poderão ser alterados
- os custos dos projetos foram alterados.

Na aplicação do modelo é importante lembrar que os empréstimos a serem feitos podem ser incluídos como possíveis projetos. Desta maneira poder-se-á selecionar, também, os melhores empréstimos necessários para a implantação dos projetos escolhidos.

A partir deste sistema de seleção de projetos de investimentos poderá ser implantado um outro, intimamente ligado a este, que é o de implantação dos diversos projetos. Este segundo sistema deverá:

- fornecer cronogramas de implantação das diversas etapas de cada projeto
- os fluxos de caixa mensais de cada projeto.

6.1. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA EM COMPUTADORES DE GRANDE PORTE

Utilizando-se como base um programa do algoritmo "Branch and Bound" é possível, programando as modificações sugeridas no fluxograma, obter-se um sistema inteiramente automatizado que, a partir do problema formulado (etapa "g"), ache todas as soluções desejadas.

Existem programas de PIM (6) que inicialmente fornecem a solução contínua para um problema e depois apresentam a solução inteira. Após a obtenção da solução contínua deverão ser incorporados ao programa as etapas "l" e "m", de acordo com o detalhamento apresentado no item (4.2.). O programa deverá, ainda, ser complementado para apresentar as etapas "s" até "y" e emitir relatórios adequados. Além disso, o decisor deverá ter a sua disposição um terminal para fornecer as informações solicitadas nas etapas "j", "k", "n", "o", "q" e "s".

As seguintes precauções devem ser tomadas ao tornar paramétrico um programa de PIM, utilizando a técnica apresentada no fluxograma geral, - etapa "s" até "y" - :

- após a obtenção da solução ótima os valores das variáveis inteiras de decisão deverão ser arredondados para o inteiro mais próximo
- os valores dos dados de entrada deverão ser armazenados para que se possa calcular os orçamentos necessários de cada ano e obter uma nova solução.

BIBLIOGRAFIA

1. ENSSLIN, Leonardo. "Análise de Investimentos", 1977 - UFSC
2. FLEISCHER, Gerald A., "Teoria da Aplicação do Capital", Editora Edgard Blücher Ltda.
3. HAMILTON, W.F. e MOSES, M.A., "An Optimization Model for Corporate Financial Planning", Operations Research (May June 1973).
4. IGNIZIO, James P., "An Approach to the Capital Budgeting Problem with Multiple Objectives", The Engineering Economist", volume 21 - Número 4.
5. ISTVAN, Donald F., "The Capital - Expenditure Decision - Making Process in Forty-Eight Large Corporations", Indiana University.
6. KUESTER, James L., MIZE, Joe H., "Optimization Techniques with Fortran", McGraw-Hill Book Company.
7. RYCHEL, Dwight F., "Capital Budgeting with Mixed Integer Linear Programming: An Application", Financial Management/Winter 1977.
8. STAFFORD, Joseph H. NEUFVILLE, Richard, "Systems Analysis for Engineers and Managers", McGraw-Hill Book Company.
9. WEINGARTNER, M., "Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems", Markham Publishing Company.
10. ZIONTS, Stanley, "Linear and Integer Programming", Prentice Hall, Inc.

A N E X O 1

ENTRADA DE DADOS DO PARAZEUM

Os dados de entrada são lidos pela subrotina INPUT e devem vir no seguinte formato:

1º CARTÃO

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
1 a 5	1	Número de variáveis (NN)	I5
6 a 10	2	Número de restrições (MM)	I5
11 a 15	3	Limite de iterações (MSMAX)	I5
16 a 20	4	Código de otimização (MNMX)	I5
21 a 25	5	Número de restrições não orçamentárias mais um (MO)	I5

PRÓXIMOS NN CARTÕES

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
7 a 12	1	Coefficiente da função objetiva (C_j)	I6
13 a 18	2	Coefficiente da iésima variável na primeira equação (A_{i1})	I6
19 a 24	3	Coefficiente da iésima variável na segunda equação (A_{i2}) etc.	I6

(Um cartão para cada variável)

PRÓXIMOS MM CARTÕES

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
2	1	Código da restrição ($INEQ_i$)	I1

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
3 a 8	2	Valor da restrição (B_i)	I6

(Um cartão para cada restrição)

PRÓXIMO CARTÃO

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
1 a 6	1	Orçamento mínimo do primeiro período (CM_1)	I6
7 a 12	2	Orçamento mínimo do segundo período (CM_2)	I6

etc.

ÚLTIMO CARTÃO

COLUNAS	CAMPO	DESCRIÇÃO	FORMATO
6 a 9	1	Taxa de mínima atratividade (TMA)	F4.3

NOTA: As restrições não orçamentárias devem ser as primeiras.

Desta forma o tempo de máquina será menor.

A N E X O 2

LISTAGEM DO PARAZEUM

Além da rotina principal este programa contém as seguintes subrotinas:

INPUT

ZERO1

OUTPUT


```

C***
ESTE PROGRAMA FORNECE OS PORTAFOLIOS OTIMOS DE UM INTERVALO
DE ORCAMENTOS
INTEGER BMDST, BR, AR
INTEGER Y, A, B, C, V, SORT
INTEGER X, IN, CM, NP, MO
INTEGER TEMP, ZMIN, CJSUM, ZOPT, SUMCR, APOS, YASJM, CFSJM
DIMENSION JS(78), Y(31), JSUL(78), JP(78), VS(78), ME(78), V(78), MF(78)
DIMENSION JR(31,78), NR(31), SORT(78), JOPT(78)
COMMON IREQ(31), IM, BR(31), AR(31,78)
COMMON CM(31), IN, NP, TMA, X(78), ZOPT, MO
COMMON NN, MM, MNMX, INEQ(31), A(31,78), B(31), C(78), INVC(78), MSMAX
11 FORMAT (1H, 1X, 2HJ=, 39I3)
12 FORMAT (1H, 3HCV=, 39I3)
14 FORMAT (1H, 5X, 4HN =, I10)
715 FORMAT (1H1, 1X, 5HVALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS, 10I6)
13 FORMAT (//, 10X, 'PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULAD
10')
20 FORMAT (//, 6X, ' ITERACAO N.', I7, 10X, ' VALOR DA F.O.=', I9)
22 FORMAT (//, 3X, ' TERMINOU')
23 FORMAT (//, 'J LIMITE DE INTERACOES FOI ATINGIDO - FIM')
25 FORMAT (//, 5X, 'VARIAVEIS BASICAS X(J)', //, 13X, 'J=', '(39I3))
26 FORMAT (1H0, 10X, 5HZOPT=, I8)
NP = 3
  NP = 1
993 DO 43 I = 1, 78
      JP(I) = 0
      JS(I) = 0
      JSUL(I) = 0
      SORT(I) = 0.
      DO 42 J = 1, 31
42      JR(J, I) = 0
43      INVC(I) = 0
      IF(NP-1) 750, 750, 598
C***
LEITURA DOS DADOS E IMPRESSAO DO TABLEAU INICIAL
750 CALL INPUT
598 CALL ZERO1
WRITE (NO, 13)
WRITE (NO, 14) NN
DO 49 I = 1, MM
NR(I) = 0
DO 45 J = 1, NN
44 IF ( A(I, J) ) 45, 44, 44
NR(I) = NR(I) + 1
IABC = NR(I)
4400 IF ( A(I, J) ) 4400, 4400, 4401
SORT(IABC) = 7777777
GO TO 4402
4401 SORT(IABC) = C(J) / A(I, J)
4402 JR(I, IABC) = J
45 CONTINUE
IF (NR(I) - 1) 49, 49, 46
46 IAB = NR(I) - 1
DO 48 K = 1, IAB
KPL = K + 1
IABC = NR(I)
DO 48 L = KPL, IABC
47 IF ( SORT(K) - SORT(L) ) 48, 48, 47
TEMP = SORT(K)
SORT(K) = SORT(L)
SORT(L) = TEMP
ITEMP = JR(I, K)
JR(I, K) = JR(I, L)
JR(I, L) = ITEMP
48 CONTINUE
49 CONTINUE
ZMIN = 7777777
MS = 1
300 BMDST = B(MM)
IMAX = 1
DO 304 I = 1, MM
IF (BMDST - B(I)) 302, 304, 304
302 BMDST = B(I)
IMAX = I
304 CONTINUE

```

```

305 IABC=NR(IMAX)
    DO 325 I=1,IABC
      JS(I)=JR(IMAX,I)
      DO 319 K=1,MM
        Y(K)=-B(K)
      DO 318 L=1,I
        IAB=JS(L)
318   Y(K)=Y(K)+A(K,IAB)
        IF (Y(K)) 325,319,319
319   CONTINUE
        CJSUM=0.
      DO 323 J=1,I
        IAB=JS(J)
        CJSUM=CJSUM+C(IAB)
323   CONTINUE
        JRME=I
        GO TO 72
325   CONTINUE
        JRME=NR(IMAX)
        GO TO 100
52   MS=MS+1
C***
CONTAGEM DO N. DE ITERACOES, SE MSHAX FOR EXCEDIDO PARE
IF (MS-MSMAX) 54,54,53
53  WRITE (NO,23)
    WRITE (NO,20) MS,ZMIN
    WRITE (NO,11) (JS(J),J=1,39)
    IF (JRME-39) 59,59,51
51  WRITE (NO,11) (JS(J),J=40,JRME)
59  K=1
    DO 354 J=1,NN
      IF (INVC(J)) 354,354,352
352  JP(K)=J
      K=K+1
354  CONTINUE
      WRITE (NO,12) (JP(K),K=1,39)
      IF (NN-39) 356,356,355
355  WRITE (NO,12) (JP(K),K=40,NN)
356  STOP
54  DO 57 IY=1,NN
      I=IY
      IF(JS(I)) 55,58,55
55  IF(NN-1) 57,56,57
56  I=I+1
      GO TO 58
57  CONTINUE
58  JRME=I-1
      CJSUM=0
      DO 64 I=1,JRME
        IF (JS(I)) 64,64,62
52  IAB=JS(I)
        CJSUM=CJSUM+C(IAB)
54  CONTINUE
      DO 70 I=1,MM
        Y(I)=-B(I)
      DO 68 J=1,JRME
        IF (JS(J)) 68,68,67
57  IAB=JS(J)
        Y(I)=Y(I)+A(I,IAB)
68  CONTINUE
70  CONTINUE
      DO 71 I=1,MM
        IF(Y(I)) 100,71,71
71  CONTINUE
      IF (ZMIN-CJSUM) 73,73,72
72  ZMIN=CJSUM
73  WRITE (NO,20) MS,ZMIN
83  DO 76 J=1,JRME
76  JOPT(J)=JS(J)
      IAB=JRME+1
      DO 79 J=IAB,NN
79  JOPT(J)=0
74  IF(JOPT(JRME)) 75,92,92
75  DO 80 I=1,JRME
      J=JRME+1-I
      IF (JSUL(J)) 80,85,85

```

```

80 CONTINUE
C***
C      O PROGRAMA FJ1 RESOLVIDO, A SOLUCAO EH IMPRESSA
      WRITE (NO,22)
      K=1
      DO 84 J=1,NV
82      IF (INVC(J)) 84,84,82
          JP(K) = J
          K=K+1
84      CONTINUE
88      WRITE (NO,20) MS,ZMIN
          DO 400 K=1,NV
400      JP(K)=0
          DO 405 J=1,NV
          IF (JJPT(J)) 401,405,402
401      IAB=-JJPT(J)
          JP(IAB)=JOPT(J)
          GO TO 405
402      IAB=JJPT(J)
          JP(IAB)=JJPT(J)
405      CONTINUE
          DO 670 J=1,NV
670      X(J) = 0
          K=1
          DO 412 J=1,NV
          IF (JP(J)) 406,406,407
406      IF (INVC(J)) 412,412,409
407      IF (INVC(J)) 409,409,412
409      JJPT(K) = J
          K=K+1
412      CONTINUE
          IF (K-1-39) 413,413,414
413      IAD=K-1
          WRITE (NO,25) (JOPT(J),J=1,IAD)
          GO TO 415
414      WRITE (NO,25) (JOPT(J),J=1,39)
          IAB = <-1
          WRITE (NO,25) (JOPT(J),J=40,IAB)

415      ZOPT=0
          IAB=K-1
          DO 418 J=1,IAB
          IABC = IABS( JOPT(J))
          IF (INVC(IABC)) 417,417,416
416      ZOPT = ZOPT - C(IABC)
          GO TO 418
417      ZOPT = ZOPT + C(IABC)
418      CONTINUE
          IF (MNMX) 420,420,419
419      ZOPT=-ZOPT
420      WRITE (NO,26) ZOPT
          DO 751 I=1,IAD
          IND = JOPT(I)
751      X(IND)=1.
          DO 680 I=MO,MM
680      B(I)=0
          DO 700 I=MO,MM
          DO 700 J=1,NV
700      B(I)=B(I)+A(I,J)*X(J)
          CALL OJTPUT
          WRITE(NO,715) (B(I),I=MO,MM)
          GO TO 993
85      JSUL(J)=-1
          JS(J)=-JS(J)
          IBC=J+1
          DO 90 K=IBC,JRME
          JS(K)=J
90      JSUL(K)=0
          GO TO 52
92      JS(JRME)=-JS(JRME)
          JSUL(JRME)=-1
          GO TO 52
100      DO 102 J=1,NV
102      NS(J)=1
          DO 106 J=1,JRME
          IF (JS(J)) 103,106,104
103      JNEG=-JS(J)

```

```

NS(JNEG)=0
GO TO 106
104 IABC=JS(J)
NS(IABC)=0
106 CONTINUE
DO 120 I=1,NV
IF (NS(I)) 120,120,108
108 IF (C(I)-ZMIN+CJSUM) 120, 110,110
110 NS(I)=0
120 CONTINUE
121 DO 122 I=1,NV
122 ME(I)=1
DO 140 I=1,MM
IF (Y(I)) 132,140,140
132 DO 135 J=1,NV
IF (A(I,J)) 135,135,134
134 ME(J)=0
135 CONTINUE
140 CONTINUE
DO 150 J=1,NV
IF (NS(J)) 150,150,144
144 IF (ME(J)) 150,150,146
146 NS(J)=0
150 CONTINUE
DO 160 J=1,NV
IF (NS(J)) 150,160,167
160 CONTINUE
GO TO 74
167 MARKF=0
DO 183 I=1,MM
IF (Y(I)) 169,183,183
169 SUMCR=0
APOS=0
IABC=NR(I)
DO 180 N=1,IABC
IAB=JR(I,N)
IF (NS(IAB)) 180,180,171
171 IAB=JR(I,N)
SUMCR=SUMCR+C(IAB)
APOS=APOS+A(I,IAB)
IF (SUMCR-ZMIN+CJSUM) 176,177,177
176 IF (APOS+Y(I)) 180,181,183
177 IF (APOS+Y(I)) 74,74,183
180 CONTINUE
GO TO 74
181 IF (N-NR(I)) 173,182,182
173 IABC=NR(I)
DO 174 K=N,IABC
IAB=JR(I,K)
IF (NS(IAB)) 174,174,183
174 CONTINUE
182 MARKF=1
183 CONTINUE
IF (MARKF) 190,190,240
190 DO 210 J=1,NV
IF (NS(J)) 210,210,192
192 YASUM=0
DO 198 I=1,MM
IF (Y(I)+A(I,J)) 193,193,198
193 YASUM=YASUM+Y(I)+A(I,J)
198 CONTINUE
V(J)=YASUM
210 CONTINUE
DO 230 IY=1,NV
J=IY
IF (NS(J)) 230,230,218
218 IF (NV-J) 235,235,219
219 L=J+1
DO 226 K=L,NV
IF (NS(K)) 226,226,220
220 IF (V(J)-V(K)) 230,226,226
226 CONTINUE
DO 229 I=L,NV
IF (NS(I)) 229,229,225
225 IF (V(J)-V(I)) 227,227,229
227 IF (C(J)-C(I)) 229,229,228

```

```

228 J=I
229 CONTINUE
GO TO 235
230 CONTINUE
235 JS(JRME+1) = J
GO TO 52
240 DO 241 J=1, NV
241 MF(J) = 0
DO 256 I=1, 44
IF (Y(I)) 243, 256, 256
243 APOS=0
DO 248 J=1, NV
IF (NS(J)) 248, 248, 245
IF (A(I, J)) 248, 248, 246
245 APOS=APOS+A(I, J)
246 CONTINUE
IF (APOS + Y(I)) 256, 249, 256
249 DO 255 K=1, NV
IF (NS(K)) 255, 255, 250
IF (A(I, K)) 255, 255, 251
250 MF(K)=1
251 CONTINUE
255 CONTINUE
256 CFSUM=0
DO 262 I=1, NV
IF (MF(I)) 262, 262, 260
260 CFSUM=CFSUM+C(I)
262 CONTINUE
IF (CJSJM+C=SJM-ZMIN) 263, 74, 74
263 IF (MS-1) 264, 264, 265
264 J=1
GO TO 267
265 J=JRME+1
267 DO 268 I=1, NV
IF (MF(I)) 268, 268, 266
266 JS(J)=I
J=J+1
268 CONTINUE

GO TO 52
END

```

```

SUBROUTINE ZERJ1
COMMON IREQ(31),IM,BR(31),AR(31,78)
COMMON CM(31),IN,NP,TMA,X(78),ZDPT,MO
COMMON NN,MM,MMX,INEQ(31),A(31,78),B(31),C(78),INVC(78),MSMAX
INTEGER A,B,C,SUMA

```

C***

C OS DADOS DE ENTRADA SAO ARMazenADOS

```
IM=MM
```

```
DO 7 J=1,MM
```

```
7 IREQ(J)=INEQ(J)
```

```
MIJ=MO-1
```

```
DO 2 I=1,MU
```

```
2 BR(I)=B(I)
```

```
DO 9 J=1,NN
```

```
DO 9 I=1,MM
```

```
9 AR(I,J)=A(I,J)
```

```
MMM=MM
```

```
IF (MMX) 22,4,22
```

```
22 DO 3 J=1,NN
```

```
3 C(J)=-C(J)
```

```
4 DO 25 J=1,MM
```

```
IF (INEQ(J)-1) 25,25,5
```

```
5 IF (INEQ(J)-2) 25,8,6
```

```
6 IF (INEQ(J)-3) 25,15,15
```

```
3 DO 10 K=1,NN
```

```
10 A(J,K)=-A(J,K)
```

```
B(J)=-B(J)
```

```
GJ TO 25
```

```
15 MMM=MM+1
```

```
DO 20 K=1,NN
```

```
20 A(MMM,K)=-A(J,K)
```

```
B(MMM)=-B(J)
```

```
25 CONTINUE
```

```
MM=MMM
```

```
DO 30 J=1,NN
```

```
IF (C(J)) 27,30,30
```

```
27 C(J)=-C(J)
```

```
INVC(J)=1
```

```
DO 28 I=1,MM
```

```
28 A(I,J)=-A(I,J)
```

```
30 CONTINUE
```

```
DO 35 I=1,MM
```

```
SUMA=0
```

```
DO 34 J=1,NN
```

```
IF (INVC(J)) 34,34,32
```

```
32 SUMA=SUMA+A(I,J)
```

```
34 CONTINUE
```

```
B(I)=B(I)+SUMA
```

```
35 CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

SUBROUTINE INPUT

```

C***
C  ESTA SUBROTINA LE E IMPRIME OS DADOS DE ENTRADA
COMMON IREQ(31),IM,BR(31),AR(31,78)
COMMON CM(31),IN,NP,TMA ,X(78),ZOPT,MO
COMMON NN,MM,MNMX,INEQ(31),A(31,78),B(31),C(78),INVC(78),MSMAX
INTEGER X,IN,CM,NP,MO
INTEGER A,B,C
10  FORMAT (1H1)
15  FORMAT (5I5)
16  FORMAT (6X,16,(10I6))
27  FORMAT (1I,1X,16)
33  FORMAT (7X,'LIMITES DO PROBLEMA =',//,9X,'N.DE VARIAVEIS =',14,3X,
1  'N.DE RESTRICÖES =',14,3X,'N.DE ITERACÖES =',14,3X,//,9X,'CODIGO
2  DE OTIMIZACAO =',12,3X)
34  FORMAT (1H0,6X,'N.DA COLUNA',5X,'COEF.DA F.O.',12X,'COEF.DAS RESTR
1  ICÖES',//)
28  FORMAT (7X,16,10X,16,11X,(10I6))
36  FORMAT (1H0,//7X,'CODIGO DA RESTR.',5X,'VALOR')
32  FORMAT (7X,18,7X,19)
37  FORMAT (1H0,//7X,'ORCAMENTOS MINIMOS')
38  FORMAT (7X,10I6)
NI = 1
NO = 3

C***
C  LE OS LIMITES DO PROBLEMA, NN = N.DE VARIAVEIS,
C  MM = N.DE RESTRICÖES, MNMX = LIMITE DE ITERACÖES
C  MO = N.DE RESTRICÖES NAO ORCAMENTARIAS + 1
C  MNMX = CODIGO DE OTIMIZACAO      0 MINIMIZAR
C                                     1 MAXIMIZAR
READ (NI,15) NN,MM,MSMAX,MNMX,MO
IF ( NN .EQ. 99) CALL EXIT
DO 29 J=1,NN

C***
C  LE AS COLUNAS DO TABLEAU, PRIMEIRO OS COEFICIENTES DA F.O.
29  READ(NI,16) C(J),(A(I,J),I=1,MM)
CONTINUE
DO 17 I=1,MM

C***
C  LE O CODIGO DAS RESTRICÖES .      1 MAIOR OU =
C                                     2 MENOR OU =
C                                     3 APENAS =
DEPOIS A RESTRICAO PARA A LINHA I
READ (NI,27) INEQ(I),B(I)
WRITE (NO,10)
CONTINUE
17

C***
C  LE OS ORCAMENTOS MINIMOS
40  READ(1,40) (CM(I),I=MO,MM)
FORMAT (10I6)

C***
C  LE TMA = TAXA DE MINIMA ATRATIVIDADE
READ(NI,11)TMA
11  FORMAT(5X,F4.3)
WRITE (NO,33) NN,MM,MSMAX,MNMX
WRITE (NO,34)
DO 30 J=1,NN
30  WRITE (NO,28) J, C(J), (A(I,J), I = 1, MM)
WRITE (NO,36)
DO 31 I=1,MM
31  WRITE (NO,32) INEQ(I),B(I)
WRITE (NO,37)
WRITE (NO,38) (CM(I),I=MO,MM)
RETURN
END

```

```

C***
C  ESTA SUBROTINA IMPRIME O RELATORIO GERENCIAL E FINALIZA O PROGRAMA
SUBROUTINE CJTPUT
COMMON IREQ(31),IM,BR(31),AR(31,78)
COMMON CM(31),IN,NP,TMA ,X(78),ZOPT,MO
COMMON NN,MM,MNX,INEQ(31),A(31,78),B(31),C(78),INVC(78),MSMAX
DIMENSION RXIL(12),RVP(12),RZOPT(12)
DIMENSION BC(31)
INTEGER BC
INTEGER A,B,ZOPT
INTEGER RZOPT,X,CM,NP,MO
10 FORMAT (1H1,///)
11 FORMAT (47X,42H*****
12 FORMAT (T48,1H*,T89,1H*)
13 FORMAT (47X,* P O R T A F O L I O   N J M E R O',I5,1X,1H*)
14 FORMAT (/ ,54X,18HVALOR PRESENTE CR$,I7)
28 FORMAT (7X,I6,10X,I6,11X,(10I6))
34 FORMAT (1H3,5X,'N.DA COLUNA',5X,'COEF.DA F.O.',12X,'COEF.DAS RESTR
1ICOES',/)
49 FORMAT (44X,'PROJETO',6X,I2,'. ANO',3X,I1,'. ANO',3X,I1,'. ANO',
1 3X,I1,'. ANO',3X,I1,'. ANO')
50 FORMAT (/ ,46X,I2,6X,10I9)
52 FORMAT (/ ,43X,'RESTRICAO',4X,I7,2X,I7,2X,I7,2X,I7,2X,I7)
54 FORMAT (/ ,40X,'INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = ',F6.3)
55 FORMAT(/ ,40X,'TOTAL INVESTIDO CR$',F10.0)
65 FORMAT (/ ,40X,20HPROJETOS ESCOLHIDOS ,/,43X,9HNUMERO DO,5X,
1 25HINVESTIMENTOS NECESSARIOS)
NO = 3

```

```

C***
C  OS DADOS DE ENTRADA SAO RECUPERADOS
MM=IM
IF(MO-1)4,4,3
3 MU=MO-1
DO 2 I=1,MJ
2 B(I)=BR(I)
4 DO 8 J=1,MM
8 INEQ(J)=IREQ(J)
DO 9 J=1,NV
DO 9 I=1,MM
A(I,J)=AR(I,J)
9 CONTINUE
WRITE (NO,34)
DO 30 J=1,NV
30 WRITE (NO,28) J, C(J), (A(I,J), I = 1, MM)
WRITE (NO,10)
WRITE (NO,11)
WRITE (NO,12)
WRITE (NO,13) NP
WRITE (NO,12)
WRITE (NO,11)
WRITE (NO,14) ZOPT
WRITE (NO,65)
MI = MM - MO + 1
WRITE (NO,49) (J,J=1,MI)
DO 40 J=1,NV
IF (X(J)) 40, 40, 41
41 WRITE (NO,50) J, (A(I,J), I=MO,MM)
40 CONTINUE
WRITE (NO,52) (B(I),I=MO,MM)
DO 129 I=MO,MM
129 BC(I)=0
DO 130 I=MO,MM
DO 130 J=1,NV
IF (A(I,J)) 130,130,131
131 BC(I) = BC(I) +A(I,J)* X(J)
130 CONTINUE
VP=0
DO 60 I=MO,MM
60 VP =VP+ BC(I)/(1+TMA)**(I-1)
XIL=RZOPT/VP
WRITE (NO,54) XIL
WRITE (NO,55)VP
RXIL(NP)=XIL
RVP(NP) =VP
RZOPT(NP)=ZOPT
KI=0

```



```

      DO 810 I=MD,MM
      IF (B(I)-CM(I)) 807,807,808
807  B(I)=CM(I)
      GO TO 810
808  B(I)=B(I)-1
      KI=1
810  CONTINUE
C***
C    CONTROLE DO NUMERO DE SOLUCOES DESEJADAS
      NP=NP+1
      IF (NP-10)815,815,814
C***
C    SE OS ORCAMENTOS MINIMOS FORAM ATINGIDOS PARE
815  IF (KI) 814,814,816
C***
C    EMISSAO DO RELATORIO FINAL
814  WRITE (NO,10)
      WRITE (NO,70)
      WRITE (NO,71)
      WRITE (NO,72)
      WRITE (NO,71)
      WRITE (NO,70)
      WRITE (NO,73)
      DO 80 J=1,NP
80   WRITE (NO,75) J,RZOPT(J),RVP(J),RXIL(J)
70   FORMAT (46X,36H*****
71   FORMAT (T47,1H*,T82,1H*)
72   FORMAT (46X,'* RESUMO DOS PORTAFOLIOS OBTIDOS *')
73   FORMAT (//,35X,'NUMERO DO',8X,'VALOR',10X,'TOTAL',8X,'INDICE DE',/
1    36X,'PORTAFOLIO',6X,'PRESENTE',6X,'INVESTIDO',6X,'LUCRATIV.º')
75   FORMAT (//,40X,I2,10X,I5,10X,F5.0,10X,F5.3)
      CALL EXIT
816  CONTINUE
      RETURN
      END

```

A N E X O 3

 *
 * P O R T A F O L I O N U M E R O 10 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 58

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	5	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	5	3	3
RESTRICAO	30	17	11	7

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.970

TOTAL INVESTIDO CR\$ 60.

 *
 * RESUMO DOS PORTAFOLIOS OBTIDOS *
 *

NUMERO DO PORTAFOLIO	VALOR PRESENTE	TOTAL INVESTIDO	INDICE DE LUCRATIV.
1	85	110.	0.773
2	81	110.	0.735
3	77	111.	0.694
4	73	94.	0.779
5	73	80.	0.915
6	70	90.	0.778
7	66	90.	0.732
8	61	64.	0.959
9	59	63.	0.943
10	58	60.	0.970
11	*****	*****	*****

 * P O R T A F O L I O N U M E R O 9 *

VALOR PRESENTE CR\$ 59

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
3	5	5	4	3
4	6	2	1	1
6	5	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRICAO	38	9	3	2

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.943

TOTAL INVESTIDO CR\$ 63.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 37 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N. 1 VALOR DA F.O. = 66

TERMINOU

ITERACAO N. 35 VALOR DA F.O. = 56

VARIAVEIS BASICAS X(I)

J = 1 3 4 6

ZOPT = 58

N. DA COLUNA COEF. DA F.O. COEF. DAS RESTRICOES

1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	6	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	-6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * PORTAFOLIO NUMERO 8 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 61

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
7	20	-5	-5	-5
RESTRICAO	44	5	3	-1

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.959

TOTAL INVESTIDO CR\$ 64.

NOVOS VALORES DAS RESTRICAOES ORCAMENTARIAS 43 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

V = 10

ITERACAO N. 1 VALOR DA F.O.= 66

ITERACAO N. 11 VALOR DA F.O.= 65

TERMINOU

ITERACAO N. 35 VALOR DA F.O.= 65

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 3 4 6 7

ZOPT= 59

N. DA COLUNA COEF. DA F.O. COEF. DAS RESTRICAOES

1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	5	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	35	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * P O R T A F O L I O N U M E R O 7 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 66

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
5	15	3	8	8
6	6	6	3	3
RESTRICAO	45	20	19	15

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.732

TOTAL INVESTIDO CR\$ 90.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 44 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N. 1 VALOR DA F.O.= 66

ITERACAO N. 11 VALOR DA F.O.= 63

TERMINOU

ITERACAO N. 35 VALOR DA F.O.= 63

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 7

ZOPT= 61

N. DA COLUNA	COEF. DA F.O.	COEF. DAS RESTRICOES			
1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	5	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 * PORTAFOLIO NUMERO 6 *

VALOR PRESENTE CR\$ 70

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	5	2	1	1
6	6	5	3	3
9	18	3	5	7
RESTRICAO	43	20	16	14

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.778

TOTAL INVESTIDO CR\$ 90.

NOVOS VALORES DAS RESTRICAOES DOCUMENTARIAS 47 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	55
ITERACAO N.	11	VALOR DA F.O.=	63
ITERACAO N.	20	VALOR DA F.O.=	58

TERMINOU

ITERACAO N.	33	VALOR DA F.O.=	58
-------------	----	----------------	----

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 5 6

ZOPT= 66

N. DA COLUNA COEF. DA F.O. COEF. DAS RESTRICAOES

1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-3
3	17	6	5	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	5	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 * P O R T A F O L I O N U M E R O 5 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 73

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRICAO	50	12	6	2

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.915

TOTAL INVESTIDO CR\$ 80.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 49 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	66
ITERACAO N.	4	VALOR DA F.O.=	54

TERMINOU

ITERACAO N.	29	VALOR DA F.O.=	54
-------------	----	----------------	----

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 6 9

ZOPT= 70

N. DA COLUNA	COEF. DA F.O.	COEF. DAS RESTRICOES			
1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	6	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * P O R T A F O L I O N U M E R O 4 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 73

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	5	5	4	3
4	6	2	1	1
7	20	-5	-5	-5
9	18	3	5	7
RESTRICAO	52	9	8	6

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.779

TOTAL INVESTIDO CR\$ 94.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 61 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	56
ITERACAO N.	4	VALOR DA F.O.=	54
ITERACAO N.	10	VALOR DA F.O.=	51

TERMINOU

ITERACAO N.	39	VALOR DA F.O.=	51
-------------	----	----------------	----

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 6 7

ZOPT= 73

N. DA COLUNA	COEF. DA F.O.	COEF. DAS RESTRICAOES			
1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	5	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
5	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * PORTAFOLIO NUMERO 3 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 77

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
2	18	3	-8	-8
3	5	5	4	3
4	5	2	1	1
5	15	3	8	8
6	5	5	3	3
RESTRICAO	53	23	11	7

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.694

TOTAL INVESTIDO CR\$ 111.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 62 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	66
ITERACAO N.	4	VALOR DA F.O.=	54
ITERACAO N.	10	VALOR DA F.O.=	51

TERMINOU

ITERACAO N.	39	VALOR DA F.O.=	51
-------------	----	----------------	----

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 7 9

ZJPT= 73

N. DA COLUNA COEF. DA F.O. COEF. DAS RESTRICOES

1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	6	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	8
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * PORTAFOLIO NUMERO 2 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 81

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	.12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
5	15	3	8	8
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
RESTRICAO	65	15	14	10

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.735

TOTAL INVESTIDO CR\$ 110.

NOVOS VALORES DAS RESTRICOES ORCAMENTARIAS 64 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	66
ITERACAO N.	4	VALOR DA F.O.=	54
ITERACAO N.	10	VALOR DA F.O.=	51
ITERACAO N.	29	VALOR DA F.O.=	47

TERMINOU

ITERACAO N. 37 VALOR DA F.O.= 47

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 2 3 4 5 6

ZOPT= 77

N. DA COLUNA	COEF. DA F.O.	COEF. DAS RESTRICOES			
1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	6	4	3
4	15	6	2	1	1
5	8	15	3	8	9
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10

 *
 * PORTAFOLIO NUMERO 1 *
 *

VALOR PRESENTE CR\$ 85

PROJETOS ESCOLHIDOS

NUMERO DO PROJETO	INVESTIMENTOS NECESSARIOS			
	1. ANO	2. ANO	3. ANO	4. ANO
1	12	3	3	0
3	6	6	4	3
4	6	2	1	1
6	6	6	3	3
7	20	-5	-5	-5
9	18	3	5	7
RESTRICAO	53	15	11	9

INDICE DE LUCRATIVIDADE DO PORTAFOLIO = 0.773

TOTAL INVESTIDO CR\$ 110.

NOVOS VALORES DAS RESTRICAOES ORCAMENTARIAS 67 25 20 15

PROGRAMACAO INTEIRA, ALGORITMO DE BALAS REFORMULADO

N = 10

ITERACAO N.	1	VALOR DA F.O.=	55
ITERACAO N.	4	VALOR DA F.O.=	54
ITERACAO N.	12	VALOR DA F.O.=	51
ITERACAO N.	19	VALOR DA F.O.=	43

TERMINOU

ITERACAO N.	23	VALOR DA F.O.=	43
-------------	----	----------------	----

VARIAVEIS BASICAS X(J)

J=, 1 3 4 5 6 7

ZOPT= 81

N. DA COLUNA	COEF. DA F.O.	COEF. DAS RESTRICAOES			
1	14	12	3	3	0
2	11	18	3	-8	-8
3	17	6	6	4	3
4	15	6	2	1	1
5	9	15	3	8	3
6	12	6	6	3	3
7	15	20	-5	-5	-5
8	10	36	3	4	2
9	12	18	3	5	7
10	10	30	20	10	10