UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

UMA METODOLOGIA PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO SEQÜENCIAL DE RECURSOS

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

PIO CAMPOS FILHO

FLORIANÓPOLIS - SC
DEZEMBRO/1987

UMA METODOLOGIA PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO SEQÜENCIAL DE RECURSOS EM ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS

PIO CAMPOS FILHO

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. Luiz Gonzaga de Souza Fonseca, D.Sc.
Orientador

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Prof. Luiz Gonzaga de Sousa Fonseca, D.Sc.
Presidente

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, M.Eng.

A

Lourdes e Débora

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Gonzaga de Souza Fonseca, que além da dedicada orientação, no decorrer do desenvolvimento do trabalho mostrou ser um grande amigo.

Ao colega da pós-graduação Fernando Ostuni Gauthier, pelas férteis discussões e inestimáveis sugestões.

A minha esposa Maria de Lourdes e a minha filha Débora, pela paciência e compreensão.

RESUMO

Neste trabalho é desenvolvida uma metodologia para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimento, o qual é formulado como um problema de decisão seqüencial.

O modelo proposto para a solução do problema, utiliza técnicas de busca de caminhos em grafo. O algoritmo A* é aqui utilizado como base para o algoritmo proposto.

O algoritmo proposto visa encontrar soluções sub-ótimas, as quais são utilizadas pelo mesmo, para a obtenção de soluções melhores.

No trabalho é ainda desenvolvido um programa computacional que permite a busca do caminho ótimo através do algoritmo A*, algumas variações do mesmo e do algoritmo proposto.

ABSTRACT

In this work a methodology is developed to solve the problem of resource alocation in sequential investment.

The proposed model is based upon graph theory. More specifically the algorithm were developed is a modification of the A* algorithm. Sub-otimal solution are used to obtain improvements.

A solftware that allows searching the optimal part either through the A* or the developed algorithm was developed.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO

1.1. Origem do Trabalho

Este trabalho originou-se de um problema real, ao qual estão ligadas a maioria das empresas brasileiras.

Com a recessão econômica que atravessa o país, fica cada vez mais evidente a necessidade de otimização dos recursos financeiros, os quais estão cada vez mais escassos.

O problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos nas empresas, surge quando dispõe-se de recursos escassos, os quais devem ser rateados entre as diversas opções de investimentos.

1.2. Objetivos do Trabalho

O objetivo fundamental deste trabalho é desenvolver um modelo matemático que possibilite:

- Avaliar economicamente, com base na teoria da Análise de Investimentos, as diversas opções de investimentos.

- Alocar racionalmente os recursos nas diversas alternativas de investimento, ao longo de um horizonte de planejamento, possibilitando a maximização do lucro.

Como objetivo secundário, neste trabalho procura-se desenvolver uma algoritmo iterativo, com base no algoritmo A*, o qual poderá ser usado na solução de outros problemas de decisão seqüencial.

1.3. Importância do Trabalho

Os modelos matemáticos tradicionais usados para a seleção de alternativas de investimentos, consideram que todas elas são implantadas simultaneamente, não prevendo uma seqüência de implantação ao longo do horizonte de planejamento. Este fato, impossibilita as empresas de planejarem a alocação de seus recursos, em diversas alternativas, ao longo do horizonte de planejamento.

Com respeito ao modelo proposto, cabe salientar, que o mesmo permite que as alternativas sejam implantadas em uma seqüência ao longo do tempo, possibilitando assim a previsão de recursos a serem alocados nas diversas alternativas, dentro do horizonte de planejamento.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, os quais são brevemente comentados a seguir:

- Primeiro capítulo: De caráter introdutório, este capítulo relata a origem do trabalho, ressaltando seus objetivos e importância, bem como, a estrutura e as limitações do mesmo.

- Segundo capítulo: Neste capítulo apresenta-se uma visão global do problema de alocação de recursos, sugerindo-se uma metodologia para a solução do mesmo.

- Terceiro capítulo: Apresenta-se neste capítulo, um resumo da teoria de grafos com alguns algoritmos e da análise econômica de múltiplas alternativas.

- Quarto capítulo: Propõe-se um modelo matemático e desenvolve-se, com base no algoritmo A*, um algoritmo para a solução do problema de alocação de recursos.

- Quinto capítulo: Faz-se um resumo explicativo do sistema computacional e uma aplicação prática do algoritmo proposto,através de exemplos didáticos.

- Sexto capítulo: Apresentam-se, finalmente, as conclusões e recomendações para outros trabalhos relacionados com o tema ora desenvolvido.

1.5. Limitações do Trabalho

Entre as limitações do trabalho, destacam-se as seguintes:

a) Para um número muito grande de alternativas, o modelo necessita de muito tempo computacional para encontrar a solução ótima. Todavia, o modelo possibilita que se encontre rapidamente uma boa solução através da busca incremental.

b) O modelo não analisa projetos de investimento cujo tempo de implantação seja maior que o horizonte de planejamento.

c) Também não se analisam, pelo modelo proposto, aquelas alternativas de investimentos cujos retornos não são passíveis de uma representação monetária.

2. A ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS

2.1. Introdução

A escolha adequada dos projetos de investimento está entre os assuntos de maior relevância no processo decisório dos administradores[14].

Com o objetivo de se dar um seqüenciamento a este trabalho, é apresentado neste capítulo uma breve revisão da teoria de análise de investimento. Sugere-se ainda uma bibliografia especializada para um estudo mais aprofundado do assunto.

Este capítulo apresenta ainda, o problema de alocação de recursos em alternativas de investimento, descrevendo os tipos de projetos de alternativas a serem analisados com suas respectivas características. Finalmente, sugere-se uma metodologia para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos.

2.2. Considerações Gerais

A alocação de recursos é um problema que envolve a maioria das empresas, onde a decisão de investir em ativos é geralmente uma situação irreversível. Para tal, grandes quantidades de recursos são normalmente envolvidas por um longo período e via de regra o capital é bastante limitado[14].

Infelizmente, métodos aproximados ou incorretos são freqüentemente usados, na indústria, para a seleção entre oportunidades alternativas de investimentos[11]. Um dos principais é o "método do tempo de recuperação de capital", que mede o número de períodos necessários para a recuperação do capital. Fleischer[11] desenvolve com alguns detalhes este e outros métodos aproximados.

Duas ou mais propostas alternativas de investimento podem preencher uma dada função. Neste caso são ditas mutuamente exclusivas por razões técnicas. Além disto, as propostas podem ser mutuamente exclusivas por razões financeiras. Quando o capital é insuficiente para o financiamento de todas as alternativas desejáveis, a seleção do último projeto, ou projeto marginal, elimina a seleção de uma ou mais das outras[11].

Independente de serem ou não mutuamente exclusivas, técnicas válidas devem ser empregadas na seleção de alternativas mais econômicas entre os projetos competidores. Estas técnicas são apresentadas extensivamente por Casaroto[4], Fleischer[11], Grant[12], Hess[13] e outros. O "método do valor presente" é sucintamente descrito neste trabalho na seção 3.3.2.

São vários os métodos de programação matemática propostos para a determinação do portfólio ótimo, ou seja, para determinar o conjunto de alternativas a serem selecionadas. Weingarten[22] discute com detalhes algumas dessas técnicas, tais como programação dinâmica, multiplicadores lagrangianos, programação linear e programação integral.

Kopittke[14] discute dois modelos de programação matemática para a determinação do portfólio ótimo, o "modelo do valor presente" e o do "horizonte de planejamento", citando também outros modelos mais sofisticados.

Kopittke[14] propõe, ainda, para o problema de seleção do projeto de investimento, um modelo de programação linear, programação inteira e programação inteira mista.

2.3. Definição do Problema de Alocação de Recursos

Empresas estruturadas normalmente possuem um único órgão responsável pela captação e seleção dos projetos de investimento. Os diversos departamentos, seções e divisões centralizam no mesmo as várias alternativas com seus respectivos benefícios, despesas de implantação e demais informações inerentes aos projetos[14].

2.3.1. Enunciado do Problema

Resumidamente, o problema consiste em se conhecendo uma relação de alternativas de investimentos com suas necessidades financeiras, de tempo para a implantação e de mão-de-obra, encontrar uma seqüência de implantação para estas alternativas, ao longo do horizonte de planejamento, de modo que maximize o valor presente global.

2.3.2. Horizonte de Planejamento

A empresa faz uma programação de distribuição de recursos, a serem investidos nas alternativas selecionadas. Normalmente esta programação é para um período de um ano, embora possam haver variações. A este período denomina-se horizonte de planejamento, o qual é subdividido em estágios, normalmente de um mês.

Com finalidade de possibilitar alterações na análise, faz-se de tempo em tempo, normalmente a cada trimestre, uma revisão. Desta forma, considerando-se um período de um ano com revisão trimestral, ter-se-ia um horizonte de planejamento variável de três a doze meses.

O horizonte de planejamento pode ser maior que um ano, com um maior número de estágios, salientando-se no entanto, que existe um compromisso, conforme pode-se observar no decorrer deste trabalho, entre o número de estágios e o tempo computacional.

2.3.3. Restrições

Os projetos de investimentos estão sujeitos a restrições financeiras, de tempo para a implantação e de mão-de-obra, de modo que:

- A soma dos recursos necessários para a implantação de um grupo de investimento, num dado período, não seja maior que o montante de recursos disponível para o próprio período.
- Cada investimento que necessite de tempo para a sua implantação fica sujeito ao número de etapas do planejamento. Não são aqui considerados os investimentos que requeiram

um tempo para a sua implantação que seja maior que o horizonte de planejamento.

- Os investimentos que envolvam mão-de-obra, estão sujeitos à restrição do número total de homens horas disponíveis pela empresa.

2.3.4. Variáveis do Problema

São considerados dados de entrada do problema:

- Valor presente do lucro previsto de cada alternativa de investimento.
- Número total de períodos necessários a implantação de cada uma das alternativas.
- Número total de etapas do horizonte de planejamento.
- Número de etapas do horizonte de planejamento entre as revisões.
- Taxa de mínima atratividade (tma) da empresa (ver seção 3.3.1).
- Número máximo de iterações (ver seção 4.1).
- Valor presente dos recursos disponíveis para cada etapa do horizonte de planejamento.
- Número total de alternativas de investimentos.
- Valor presente dos recursos exigidos por etapa de implantação o de cada uma das alternativas de investimento.

A solução do problema apresenta, como dados de saída, uma seqüência ótima de implantação, ordenada no tempo, das alternativas de investimento.

2.3.5. Características do Problema

Algumas considerações importantes para a caracterização do problema são apresentadas a seguir:

- As sobras de recursos de um período considera-se que sejam aplicadas à tma. Porém, estas sobras podem ser incorporadas aos recursos disponíveis quando houver revisão.
- Durante uma revisão, uma alternativa que já teve sua implantação iniciada não é descartada para que uma outra seja implantada. Porém, uma alternativa selecionada e que ainda não teve sua implantação iniciada, pode ser abandonada para que uma outra seja selecionada.
- As alternativas de investimentos podem ser as mais variáveis possíveis, logicamente enquadrando-se dentro das características da empresa.
- O valor presente dos recursos aplicados em cada etapa do horizonte de planejamento é considerado constante.
- Se o número total de projetos, ou o número de estágios forem demasiadamente grandes, podem representar uma restrição, dependendo essencialmente da capacidade computacional disponível para a seleção.
- Os projetos devem dar entrada no órgão responsável pela captação e seleção, sempre antes que de uma revisão, possilibitando assim suas análises.
- As alternativas de investimentos tecnicamente excludentes sofrem uma seleção prévia, utilizando-se dos métodos apropriados para tal. Exemplifica-se uma situação deste tipo, em problemas de substituição de equipamentos, onde cada alternativa constitui um projeto.
- Todas as alternativas de investimentos a serem analisa-

das, devem ser economicamente viáveis.

- Somente são analisadas as alternativas passíveis de uma quantificação financeira quanto a seus custos e benefícios.

2.4. Metodologia para a Solução do Problema

Para a solução do problema sugere-se uma metodologia, baseada na apresentada por Lezana[21], a qual é a seguir apresentada:

1ª etapa: Definição das alternativas de investimentos.

Nesta etapa definem-se, da forma mais detalhada possível, quais são as necessidades da empresa. Estas necessidades podem ser reunidas nos dois seguintes grandes grupos:

- Melhor uso da atual capacidade produtiva instalada.
- Incremento da capacidade produtiva instalada.

A demanda, a má operação dos equipamentos ou a depreciação destes, são fatores que implicam na necessidade de se melhor usar a atual capacidade produtiva.

Fatores tais como demanda, modificações nos produtos, criação de novos produtos, crescimento da capacidade produtiva, determinam a necessidade de incrementar a nova capacidade produtiva instalada.

Três grupos de informações definem algumas destas necessidades, a saber:

a) Informações de mercado

As informações do mercado podem ser distinguidas quanto ao produto e quanto aos equipamentos. Quanto ao produto referem-se à demanda, qualidade, especificações etc. Quanto aos equipamentos, referem-se ao avanço tecnológico, especificações técnicas dos equipamentos disponíveis, possibilidades de fabricação e qualquer outra informação que diga respeito à oferta e características dos equipamentos.

b) Informações quanto as características da empresa

Entre as mais relevantes, destacam-se:

- Capacidade instalada ou prevista
- Recursos humanos
- Linhas de produto
- Infra-estrutura
- Critérios de produção
- Critérios de expansão.

c) Informações gerais

São informações que não dependem da empresa nem do mercado consumidor. Dentre elas destacam-se:

- Restrições legais
- Restrições de espaço físico
- Infra-estrutura regional
- Interação da empresa com outras instituições

<u>2ª etapa</u>: Definição de alternativas tecnicamente viáveis.

Esta é uma etapa eminentemente técnica, a qual consiste em definir alternativas técnicas que satisfaçam as necessidades produtivas e de característica do produto, especificando capacidade produtiva, processo tecnológico, matérias-primas etc.

Para que a equipe responsável possa definir quais alternativas são tecnicamente viáveis, a mesma deverá dispor de uma série de informações,tais como:

- Técnicas específicas para cada projeto
- Restrições técnicas do meio ambiente
- Processos atuais
- Matérias primas.

Nesta etapa, deve-se ainda definir os grupos das alternativas tecnicamente excludentes.

3ª etapa: Definição de alternativas economicamente viáveis.

Consiste na avaliação econômica de todas as alternativas tecnicamente viáveis, com a finalidade de eleger-se aquelas que apresentam valor presente positivo, as quais são denominadas de economicamente viáveis. Para esta avaliação deve-se considerar os itens a seguir:

- Investimento
- Taxas de impostos
- Lucratividade esperada da empresa
- Políticas de manutenção
- Custos de compra, instalação e testes
- Custos de operação
- Custos de manutenção
- Custos de deposição
- Vida útil das alternativas.

Para a realização desta avaliação são necessárias algumas informações, as quais podem ser resumidas em:

- Disponibilidade de recursos
- Custo do capital próprio e de terceiros
- Horizonte de planejamento.

4ª etapa: Seleção das melhores alternativas.

Definidos os grupos das alternativas tecnicamente excludentes, procede-se a seleção da melhor das alternativas de cada grupo, as quais devem ser técnica e economicamente viáveis. Esta seleção poderá ser feita mediante a aplicação de alguma técnica de "análise de investimento" ou "teoria da decisão".

As melhores alternativas selecionadas dos grupos das tecnicamente excludentes, são incorporadas às demais alternativas, técnica e economicamente viáveis, para a seleção final.

A seguir, faz-se a seleção final, aplicando o modelo proposto no capítulo 4 para escolher as melhores alternativas, encontrando-se uma política de implantação das alternativas e uma seqüência de datas para a implantação das mesmas.

5ª etapa: Implementação e acompanhamento.

Esta etapa consiste em implementar as alternativas selecionadas, obedecendo as datas implantação, obedecendo também as características de cada uma delas. O acompanhamento se faz necessário para que se obtenha informações, principalmente quanto ao cronograma, tanto físico como financeiro.

2.5. Conclusão

Neste capítulo procurou-se rever sucintamente alguns pontos da teoria existente para a alocação de recursos em alternativas de investimentos. Foi apresentado, também, o problema de alocação de recursos, destacando-se suas características, principalmente no que se refere as limitações de recursos financeiros, os quais devem ser alocados a cada período do horizonte de planejamento.

Objetivando um melhor uso do modelo matemático, a ser proposto no capítulo 4, apresentou-se uma metodologia para a solução do referido problema.

Observa-se que os modelos matemáticos tradicionais não se preocupam em alocar as alternativas ao longo do horizonte de planejamento, ou seja, não encontram uma seqüência ótima de implantação para essas alternativas. Nesses modelos, todas as alternativas são implantadas simultaneamente.

No próximo capítulo apresenta-se, ainda, uma revisão da teoria de grafos, um resumo do método valor presente para a análise econômica de múltiplas alternativas e alguns algoritmos para busca de caminhos ótimos em grafos.

3. FUNDAMENTOS PARA A DEFINIÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

3.1. Introdução

Uma das grandes dificuldades encontradas pelas empresas é via de regra a escassez de recursos financeiros. Logo, selecionar boas oportunidades de projetos, deve ser uma das preocupações das empresas, para que seus recursos sejam bem alocados.

Pode-se dizer que uma má análise de uma boa oportunidade de investimento é melhor que uma boa análise de má oportunidade de investimento[14].

As empresas necessitam portanto selecionar boas oportunidades de projetos para serem analisados se desejam uma eficiente alocação de seus recursos[8].

Como na modelagem se enunciará o problema conforme a teoria de grafos e da análise econômica de múltiplas alternativas, apresentam-se então neste capítulo, algumas definições e resultados destas teorias. Como o propósito desta apresentação é o de dar-se um embasamento teórico necessário para o seqüencialmento do trabalho, não preocupou-se então num formalismo muito rigoroso. Uma apresentação mais formal para a teoria de grafos, pode ser encontrada em[1, 2, 6, 9, 17] e outros, assim como para análise econômica de múltiplas alternativas de investimentos, sugere-se consultar[11, 12] e outros.

Apresenta-se ainda neste capítulo alguns algoritmos para a solução do problema de alocação de recursos em empresas, visto como um problema de decisão seqüencial. Descrevem-se suncintamente os algoritmos: Estratégia Incremental, Expansão Generalizada e Dijkstra; e mais o algoritmo A*, adotado como base para a solução do problema neste trabalho, o qual será descrito com alguns detalhes. Embora estes algoritmos sejam encontrados na bibliografia indicada neste trabalho, eles aqui são mostrados como ilustração para manter uma seqüência de conteúdo no trabalho.

3.2. Busca em Grafos

3.2.1. Teoria de Grafos

3.2.1.1. Grafo[10]

É um par ordenado $G(N, A)$, onde:

- N é um conjunto, finito ou não, cujos elementos são os nós de G.
- A é uma família, $A\ (a_i)_{i \varepsilon I}$, cujos elementos, os arcos ou ramos de G satisfazem

$$a_i \ \varepsilon\ N \times N \qquad , \qquad i \ \varepsilon\ I$$

Um arco ou ramo é, portanto, um par $a\ (n_1\ ,\ n_2)$ onde n_1 e $n_2\ \varepsilon\ N$, sendo n_1 a extremidade inicial de $\underline{a}$ e n_2 a extremidade final de $\underline{a}$.

Pode haver arcos repetidos, ou seja, $a_j = a_k$, $j \neq k$, uma vez que A é definido como uma família.

3.2.1.2. <u>Rede</u>[10]

Rede é um grafo (N, A) que não contenha laços, ou seja, que não possui arcos do tipo (n, n).

3.2.1.3. <u>Grafos Finitos</u>[10]

Um grafo (N, A) é dito finito se N e A são finitos.

3.2.1.4. <u>Arcos e Nós Adjacentes</u>[2]

Dois arcos de G são adjacentes se tiverem ao menos uma extremidade em comum. Dois nós são adjacentes se forem extremidades de um mesmo arco.

3.2.1.5. <u>Sucessores e Antecessores</u>[15]

Seja $a = (n_i, n_j)$ um arco unindo os nós n_i e n_j, então define-se:

n_i = i(a) = início do arco a
= antecessor de n_j

n_j = t(a) = término do arco a
= sucessor de n_i

O conjunto de sucessores de um nó n_i, denotado por $\delta(n_i)$, é o operador sucessor definido por:

$$\delta(n_i) = \{n_j \in N \,/\, (n_i, n_j) \rightarrow \text{em } B\}$$

O conjunto de antecessores de um nó n_j, denotado por $\delta^-(n_j)$, é o operador antecessor definido por:

$$\delta^-(n_j) = \{n_i \in N \,/\, (n_i, n_j) \rightarrow \text{em } B\}$$

3.2.1.6. Caminho[10]

Um caminho é uma seqüência de arcos tais que a extremidade final de cada arco, excluído o último, coincide com a extremidade inicial do próximo.

Um caminho simples é aquele que não utiliza o mesmo arco mais que uma vez.

Um caminho elementar é aquele que não utiliza o mesmo nó mais que uma vez.

3.2.1.7. Comprimento de um Caminho[2]

O comprimento de um caminho é o número de arcos que o compõe.

3.2.1.8. Grafo Ponderado[5]

Entende-se por grafo ponderado, aquele ao qual pode-se atribuir valores aos seus nós e/ou arcos.

3.2.1.9. Custo de um Caminho de Comprimento q[15]

Num grafo ponderado e com custos aditivos, o custo de um caminho $(a_1, a_2, \ldots, a_q)$ é definido por:

$$k_y = C_{a_1} + C_{a_2} + \ldots + C_{a_q}$$

onde:

C_{a_1} é o custo associado ao arco a_i,

$y = (a_1, a_2, \ldots, a_q)$.

3.2.1.10. Custo Mínimo de um Caminho que Passa por n[15]

Define-se mínimo custo de um caminho forçado a passar por n, como sendo:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

onde:

$g(n) = \min k(s, n)$, $\quad s \in S$ (conjunto de nós iniciais)

$h(n) = \min k(n, t)$, $\quad t \in T$ (conjunto dos nós terminais)

3.2.1.11. Circuito[15]

Chama-se circuito ao caminho $(a_1, a_2, \ldots, a_q)$, no qual coincidem a extremidade inicial de a_1 e a extremidade final de a_q.

3.2.1.12. Cadeia e Ciclo[15]

Chama-se cadeia a seqüência de arcos $(a_1, a_2, \ldots, a_q)$ tais que cada arco intermediário é ligado ao anterior por uma extremidade e ao seguinte pela outra.

Se as extremidades de a_1 e a_q coincidem, a cadeia recebe o nome de ciclo.

3.2.1.13. Grafo Conexo[10]

Um grafo é conexo se quaisquer dois se seus nós são ligados por meio de alguma cadeia.

3.2.1.14. Grafo Parcial[7]

Seja um grafo B(N, A). Se A' ⊂ A, então diz-se que o grafo (N, A') é um grafo parcial de G.

3.2.1.15. Subgrafo[7]

O grafo (N', A') é dito subgrafo de (N, A) se N' ⊂ N e A' ⊂ A e ainda, todos os arcos de A cujas extremidades estejam em N' estejam também em A'.

3.2.1.16. Subgrafo Parcial[15]

Diz-se que (N', A') é um subgrafo parcial de G (N, A) onde N' ⊂ N e A' ⊂ A, se A' é maximal em A.

3.2.1.17. Centro do Grafo[7]

Um nó $\bar{n}$ é um centro do grafo G(N, A) se qualquer nó de N pode ser atingido por um caminho cuja extremidade inicial é $\bar{n}$.

3.2.1.18. Árvore[10]

Chama-se árvore a todo grafo G(N, A) conexo sem ciclos.

Em uma árvore cada par de nós pode ser ligados por uma única cadeia.

3.2.1.19. Arborescência[10]

A uma árvore provida de um centro dá-se o nome de arborescência.

Em uma arborescência, cada nó pode ser ligado ao centro por um único caminho.

3.2.1.20. Rede Básica[10]

Rede básica é uma rede finita $(\bar{N}, \bar{A})$ onde:

$\bar{N} = \{\bar{n}_j\}$ com $j = 1, 2, \ldots, \bar{n}$, é o conjunto de nós básicos

$\bar{A} = \{\bar{a}_i\}$ com $i = 1, 2, \ldots, \bar{a}$, é o conjunto de arestas básicas.

3.2.1.21. Configuração[10]

Uma configuração da rede básica $(\bar{N}, \bar{A})$ (ou simplesmente configuração, se não houver dúvida quanto a $(\bar{N}, \bar{A})$, é uma tripla ordenada $C = (N, A, S)$, onde

(i) $(N, A) \subset (\bar{N}, \bar{A})$ é uma rede, chamada topologia da configuração C.

(ii) $S \in R^m$ é um vetor de estado, cada componente de S satisfaz $S_i \in w_i$ e é chamada estado do arco a_i.

3.2.1.22. Transição de Estado Elementar[10]

Considerem-se as configurações $C = (N, A, S)$ e $C' = (N, A, S')$. (S, S') é uma transição de estado elementar correspondente a uma topologia (N, A) se existir k menor ou igual que m $(k = 1, 2,\dots,m)$ tal que

$S_p = S'_p$ para $p \neq k$

(S_k, S'_k) é uma transição elementar para o arco k.

3.2.2. Algoritmos para Busca em Grafos

3.2.2.1. Generalidades[15]

O problema de busca em grafo consiste em encontrar um caminho de custo mínimo de S a T, em um grafo G (N, A), onde

$S \subset N$ (conjunto de nós iniciais)

$T \subset N$ (conjunto de nós terminais)

Um algoritmo é dito "completo" se garante encontrar uma solução num número finito de passos.

Um algoritmo é dito "admissível" se garante encontrar uma solução ótima num número finito de passos.

3.2.2.2. Estratégia Incremental[7]

A solução deste algoritmo consiste em se tomar uma configuração inicial, expandi-la, eleger a sucessora de menor custo, expandi-la e repetir o procedimento até que se atinja uma configuração terminal.

Este é um método que presta-se para a resolução de problemas extremamente complexos, no qual deseja-se obter rapidamente uma solução viável, não necessariamente ótima.

3.2.2.3. Expansão Generalizada - Busca Horizontal[7]

Este procedimento consiste em expandir a configuração inicial obtendo k sucessoras de nível 1. Tomar cada uma destas, na ordem natural de geração, expandi-las obtendo novas sucessoras, agora de nível 2. Seguir repetitivamente esta rotina até que todos os caminhos gerados terminem em uma configuração terminal.

Entenda-se por nível de uma configuração o número de expansões que a originaram desde a configuração inicial.

Note-se que a primeira configuração de determinado nível só é expandida, após a última configuração do nível anterior ter sido expandida.

A melhor estratégia é obtida percorrendo-se o caminho no sentido inverso.

Embora este seja um método que possa levar a uma solução ótima, pode impor proibitivas exigências de memória e tempo de computação, uma vez que o trabalho de montagem do grafo G é muito grande. Por outro lado, a admissibilidade do algoritmo é assegurada, como pode-se observar em[17].

3.2.2.4. Algoritmo de Dijkstra[19]

Foi desenvolvida inicialmente para grafos finitos com custos positivos, situação em que é admissível.

Se o grafo G tem N nós e nenhum arco tem custo negativo, este algoritmo fecha no máximo N nós antes de achar a solução ótima, ou conclui pela inexistência de uma solução viável.

Se for admitida a existência de custo negativos, mas não circuitos de custo negativo, uma modificação no algoritmo transforma-o novamente em admissível. Uma modificação na regra de parada torna-o completo (mas não admissível) também para grafos infinitos.

O método consiste em realizar expansões de configurações desde a configuração inicial C_0, escolhendo para expandir sempre aquela de mínimo custo entre as configurações geradas e ainda não expandidas. O algoritmo termina ao atingir uma configuração terminal, ou ao se esgotarem as configurações a expandir, neste caso com insucesso.

3.2.2.5. Algoritmo A*

O resumo e o algoritmo que apresenta-se a seguir foi transcrito de[10]. Na referência[17] encontra-se um tratamento extenso de diversos algoritmos de busca em grafos, inclusive do A*.

3.2.2.5.1. Resumo

Destinado a busca de caminho de mínimo custo, o algoritmo A* utiliza uma estimativa do custo de um caminho ótimo associada a cada nó do grafo, iniciado no nó considerado.

Considere-se neste item um grafo simples $G(N, \delta)$, onde $\delta: N \to N$. G pode ser um grafo infinito, mas o conjunto de sucessores $\delta(n)$ de qualquer nó $n \in N$ deve ser finito.

Sendo A o conjunto de arcos de G, considera-se conhecida uma função $c : A \to R$, que associa a cada arco $a = (n_1, n_2)$ o custo $c(a) = c(n_1, n_2)$. A um caminho $k = (n_0, n_1, n_2, \ldots, n_p)$ em G associa-se o custo

$$c(k) = c(n_0, n_p).$$

Procura-se, dados um nó inicial $s \in N$ e um conjunto alvo $T \subset N$, encontrar um caminho de s para T cujo custo é mínimo entre todos os tais caminhos.

Dados $s, n_1, n_2 \in N$; $B, D, T \subset N$, definem-se:

$h(n_1, n_2)$: custo de um caminho ótimo entre n_1 e n_2

$$h(B, D) \triangleq \min \{h(n_1, n_2) \;/\; n_i \in B, n_2 \in D\}$$

$$h(n_1) \triangleq h(n_1, T)$$

$$h(B) \triangleq h(B, T)$$

$$g(n_1) \triangleq h(s, n_1).$$

Com essas definições o problema de busca consiste em encontrar um caminho k entre s e T tal que

$$c(k) = h(s).$$

O algoritmo A* emprega algumas informações Heuristicas a respeito da estrutura do grafo, através de uma função avaliação. Essa função associa a cada nó n de G uma estimativa sobre o valor de um caminho de s para T com custo mínimo entre todos os caminhos que passam por n.

Esta estimativa $\bar{f}$ consiste de duas parcelas $\bar{f}(n) = \bar{g}(n)+\bar{h}(n)$, onde $\bar{g}(n)$ é calculado pelo algoritmo e consiste no caminho de menor custo até n encontrado pelo algoritmo até a iteração considerada. $\bar{h}(n)$ é uma estimativa sobre o caminho entre n e T, exemplificada pela distância "via aérea" para o problema de atravessar um terreno com obstáculos.

O algoritmo manipula duas listas, Aberto e Fechado. Os nós são colocados em Aberto ao serem gerados pelo algoritmo. A* escolhe em cada iteração um nó correspondente ao menor valor de $\bar{f}$ presente em aberto. Este nó é expandido (isto é, obtém-se a descrição de seus sucessores) e é transferido para Fechado. Os novos nós gerados entram em Aberto e continua-se a busca. Quando um nó alvo for escolhido pelo algoritmo, termina-se o algoritmo.

O algoritmo A* é admissível se todos os arcos de G tem custos positivos e se $\bar{h}(n)$ for menor ou igual que h(n) para qualquer nó $n \in N$, conforme pode-se verificar na demonstração do teorema em[17].

3.2.2.5.2. Passos do Algoritmo A*

Passo 1:

Coloque o nó inicial s em uma lista chamada Aberto e calcule $\bar{f}(s)$.

Passo 2:

Se Aberto estiver vazia, pare com insucesso;
Senão, continue.

Passo 3:

Retire de aberto o nó cujo valor de $\bar{f}$ for menor e introduza-o em uma lista chamada Fechado. Seja n este nó (resolva empates arbitrariamente, mas sempre em favor de qualquer nó alvo).

Passo 4:

Se $n \in T$, termine, obtendo o caminho solução por meio dos indicadores.

Senão, continue.

Passo 5:

Expanda n, gerando $\delta(n)$.

Se $\delta(n) = \emptyset$, vá para o passo 2.

Para cada sucessor n_i, calcule $\bar{f}(n_i)$, utilizando

$\bar{f}(n) = \bar{g}(n) + \bar{h}(n)$, onde

$\bar{g}(n_i) = \bar{g}(n) + c(n, n_i)$.

Passo 6:

Associe aos sucessores que ainda não se encontram em Aberto nem em Fechado os valores de $\bar{f}$ calculados.

Introduza esses nós em Aberto e dirija apontadores a n.

Passo 7:

Associe aos sucessores que já estavam em Aberto ou Fechado os menores entre os valores de $\bar{f}$ calculados agora e seus valores prévios.

Transfira para Aberto aqueles sucessores que estão em Fechado e tiveram os valores de $\bar{f}$ rebaixados e redirija para n os apontadores de todos os nós cujos valores de $\bar{f}$ foram rebaixados.

Passo 8:

Vá para o passo 2.

3.3. Análise de Múltiplas Alternativas

3.3.1. Generalidades

As empresas possuem duas fontes de recursos para financiar seus investimentos. A primeira é o capital próprio e, a segunda, o capital de terceiros.

Ambas as fontes fornecem recursos mediante remuneração adequada. Os bancos querem receber os juros e os acionistas os lucros.

Para que a empresa possa remunerar ambas as partes, ela deve obter um determinado retorno sobre os seus investimentos. Assim sendo, ela somente irá aceitar novos investimentos que, descontados a esta taxa, irão proporcionar um valor presente líquido nulo ou positivo.

A esta taxa é dado o nome de taxa de mínima atratividade(tma). Ou seja, taxa de mínima atratividade é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo lucro financeiro.

A taxa de mínima atratividade, para as empresas, nem sempre é fácil de ser determinada. Sua determinação depende de uma série de fatores tais como[16]:

- taxa de juros de bancos comerciais;
- taxa de juros de bancos de investimento;
- valorização das OTN's;
- rentabilidade da empresa; e
- rentabilidade da caderneta de poupança, entre outros.

Basicamente existem três métodos determinísticos de análise de investimentos:

1) Método do valor anual;

2) Método do valor presente;

3) Método da taxa interna de retorno.

Os três métodos, se bem aplicados, conduzem ao mesmo resultado, pois são equivalentes. Entretanto, deve-se sempre escolher o método que melhor se adapte ao problema.

Na seção seguinte apresenta-se o método do valor presente, o qual será utilizado neste trabalho para a ordenação dos projetos.

3.3.2. Método do Valor Presente

O método do valor presente, caracteriza-se essencialmente, pela transferência para a data presente, de todas as receitas e desembolsos esperados, utilizando a taxa de mínima atratividade (tma) como a taxa de juros.

Para satisfazer ao requisito básico, segundo o qual as alternativas devam ser comparadas somente se as conseqüências monetárias forem medidas em um ponto comum no tempo, a data presente é escolhida arbitrariamente como ponto de referência. Na prática, a data presente é escolhida como o tempo em que começa a vida do projeto.

Quando a análise é feita sobre duas alternativas de investimento, considera-se financeiramente mais atrativo aquela alternativa que possuir maior valor presente. No caso de múltiplas alternativas de investimentos, o valor presente de cada uma das alternativas é usado para ordenar os investimentos.

Toda vez que se utiliza o valor presente para comparar alternativas de investimento, essas alternativas possuem a mesma duração. Isto na prática nem sempre acontece. E comum as empresas encontrarem alternativas com duração diferentes. Neste caso, para a utilização do método do valor presente, deve-se considerar:

1) A possibilidade de sucessivas repetições das alternativas de investimento propostas em condições idênticas as atuais. Neste caso, devem-se repetir os investimentos após seus términos, quantas vezes forem necessárias, até que os mesmos possuam vidas iguais.

2) Não havendo a possibilidade de repetição dos investimentos, deve-se considerar que se pode investir à taxa de mínima atratividade da empresa, após concluída uma das alternativas, até que todos os investimentos deixem de existir. Ou seja, pode-se continuar considerando mais atrativo financeiramente aquela alternativa de investimento que possuir maior valor presente, mesmo que a alternativa não possa ser repetida.

3.5. Conclusões

Este capítulo apresentou um resumo da teoria de grafos, uma explanação sucinta dos algoritmos de busca em grafo (Estratégia Incremental, Expansão Generalizada e Dijkstra), o algoritmo A* e ainda comentários sobre o método do Valor Presente para a análise econômica de múltiplas alternativas, objetivando dar um seqüenciamento lógico ao trabalho.

Dedicou-se ainda, este capítulo, a fornecer subsídios para a formulação matemática do problema de alocação seqüencial de recursos em empresas.

No próximo capítulo o problema de alocação de recursos, será formulado como um problema de decisão seqüencial, sendo o mesmo abordado como um problema de busca de caminho ótimo em um grafo de expansão, propondo-se um algoritmo para a solução do mesmo. Ainda, no próximo capítulo, descreve-se a transformação do problema de maximização para um problema de minimização, as podas com seus aceleradores, as configurações, as regras de paradas e ainda como se calculam as combinações de projetos.

4. MODELO MATEMÁTICO E ALGORITMO PROPOSTO

4.1. Introdução

Neste capítulo, o problema de alocação de recursos em empresas, abordado como um problema de decisão seqüencial, será formulado segundo um problema de busca de caminho ótimo em um grafo de expansão. Ainda, neste capítulo, propõe-se um algoritmo para a solução do problema em questão.

O algoritmo que se propõe, com suas podas e regras de parada, baseia-se na idéia de procurar sub-ótimos através de k iterações, onde a cada j iterações um nó terá no máximo j sucessores. Ainda a cada iteração, o algoritmo resolve um problema de busca em grafo, utilizando como base para tal, o algoritmo A*, o qual se adaptou melhor ao problema. Cada sub-ótimo de uma iteração j é utilizado como parâmetro para a iteração j + i.

Se houver disponibilidade suficiente de tempo computacional o algoritmo encontra o ótimo em um tempo finito, porém, pode-se limitar esse tempo e o algoritmo encontrará um sub-ótimo, nunca pior que o encontrado na iteração anterior.

Neste capítulo mostra-se ainda como devem ser encontradas as combinações de projetos, as configurações, e ainda, como transformara o problema de maximização para um problema de minimização.

4.2. Modelagem do Problema

O problema de alocação de recursos em empresas, trata-se de um problema de decisões seqüenciais, o qual será aqui colocado como um problema de busca de caminho ótimo em um grafo de expansão G. O grafo G é um grafo que atende aos conceitos introduzidos no início deste capítulo.

Como os algoritmos de busca em grafo destinam-se à busca de caminhos de custo mínimo, torna-se então necessário a transformação do problema de maximização de lucros em um problema de minimização de custos. O custo aqui referido não significa o investimento para que um projeto seja executado. Nesta transformação, o custo é um valor numérico que, quando minimizado, implique na maximização do lucro.

4.2.1. Nó do Grafo G

Um nó n_l do grafo G representa uma configuração C_i. Entende-se configuração como sendo uma combinação de projetos em implantação ou já implantados num dado período p e informações inerentes aos mesmos, as quais descreve-se na seção 4.2.3.

4.2.2. Estágio do Nó n_i

O estágio $e = p$ representa o período p em que a configuração C_1 representada pelo nó n_i se encontra dentro do horizonte de planejamento.

O número de estágio do grafo G é igual ao horizonte de planejamento,

$e = 1, 2, \ldots, p, \ldots, t.$

4.2.3. Sucessores do Nó n_i

Dada uma configuração C_i do estágio p representada pelo nó n_i, seus sucessores são os nós $(n_k^i, n_{k+1}^i, n_{k+2}^i, \ldots)$ que representam as configurações $(C_k^i, C_{k+1}^i, C_{k+2}^i, \ldots)$ do estágio $p + i$.

4.2.4. Expansão de um Nó n_i

Expandir um nó n_i significa encontrar todos os seus sucessores $n_k^i, n_{k+1}^i, n_{k+2}^i, \ldots$.

4.2.5. O Nó Inicial n_0

O nó inicial n_0 representa a configuração inicial. Entende-se configuração inicial como sendo a combinação de projetos em implantação ou já implantados na data de análise. Caso não existam projetos em implantação a configuração inicial representa esta situação.

4.2.6. Nós Terminais

Nó terminal n_t é todo aquele nó do estágio p, sendo p o último estágio do horizonte de planejamento.

4.2.7. Custo de um Nó n_i

O custo c_i de um dado nó n_i do estágio p é determinado por:

$$c_i = p \times LUDEL - L_i$$

onde:

L_i é somatória dos valores presentes (na data da implantação) dos lucros referentes aos projetos em implantação ou já implantados.

LUDEL é um parâmetro, o qual é calculado escolhendo-se a maior das somatórias dos valores presentes (na data zero do horizonte de planejamento) dos lucros de todas as possíveis combinações de projetos.

4.2.8. Custo c_{ik} de um Arco a_{ik}

Sejam n_i um nó do estágio p e n_k^i um nó do estágio p + i. O custo c_{ik} do arco $a_{ik}(n_i, n_k^i)$ é determinado pela diferença entre o custo c_k e o custo c_i. Ou seja

$$c_{ik} = c_k - c_i.$$

4.2.9. Custo c_{if}^u de um Caminho k_u de Comprimento u

Sejam n_i um nó do início do caminho k_u de comprimento u e n_f

um nó do final do mesmo caminho. O custo c^u_{if} de k^u é determinado pelo somatório do custo de cada arco que compõe o referido caminho.

4.2.10. Considerações

O grafo G descrito por seus nós e arcos, representa as diversas opções de combinações de projetos possíveis de serem executados, obedecidas as restrições inerentes ao problema. Os nós representam as configurações e seus arcos representam as transições de estados de forma que dois nós n_i e n_k e o arco $a_{ik} = (n_i, n_k)$ significam que a configuração C_k foi obtida a partir da configuração C_i associando o custo c_{ik} ao arco a_{ik}.

Pelas características do problema o grafo G é uma árvore, gerado todo a partir de um nó inicial n_0 ou de uma configuração inicial C_0. Como o nó n_0 é o centro do grafo, logo se terá uma arborescência.

G é um grafo simples de expansão, cujos nós são configurações do sistema em estudo, e que admite como centro o nó C^0. O grafo G fica totalmente definido por C^0 e seu operador

$$\&(C^0) = \cup \{ \delta^k(C^0),\ k = 1, 2, \ldots \}.$$

e pode ser escrito como

$$G = (N_G, \&)$$

observando que:

1º) $C^0 \in N_G$;

2º) $C = (N, A, S) \subset N_G$ e $C' = (N, A, S')$ então

$C' \in \delta(C)$ se e somente se

a) C' é uma configuração

b) (S, S') é uma transição de estado elementar.

O grafo G é finito, uma vez que o conjunto de estados admissíveis é finito.

Qualquer seqüência de transições de estado elementares a partir de $C \in N_G$ corresponde um caminho em G.

4.2.11. Possíveis Combinações de Projetos

Como para a geração de cada nó do grafo G, necessita-se da informação de qual combinação de projetos será implantada num dado estágio, torna-se então necessário encontrar todas as possíveis combinações, levando-se em conta a restrições financeira e de mão-de-obra. Considera-se aqui que a disponibilidade financeira, em valor presente, por período do horizonte de planejamento seja constante. Como mostrou-se no capítulo anterior, os valores devem ser trazidos para a data zero (início do horizonte de planejamento) utilizando-se a taxa de mínima atratividade da empresa (tma).

Sejam dadas uma relação R de projetos

$$R = p^1, p^2, p^3, \ldots, p^n$$

com o investimento i^k associado ao projeto p^k, $k = 1, 2, 3, \ldots, n$, e ainda uma disponibilidade r de recurso. As possíveis combinações ou preferindo-se, as combinações viáveis de projetos, serão dadas pela combinação dos n elementos (projetos), de tal forma que o somatório dos investimentos associados a esta combinação não seja maior que r.

Com estas combinações montam-se os vetores das combinações viáveis

$$V^q = (v^1, v^2, \ldots, v^n)$$

sendo que se $v^k = k$ o projeto p^k faz parte da combinação e se $v^k = 0$, não faz parte.

Como o algoritmo proposto (ver seção 4.2.7) na iteração j gera no máximo j sucessores por nó expandido, torna-se então necessário ordenar as combinações viáveis de projetos em ordem decrescente do lucro L^q da combinação, sendo:

$$L^q = l^1 + l^2 + l^3 + \ldots + l^n$$

onde:

l^k é o lucro em valor presente associado ao projeto p^k $(k = 1, 2, 3, \ldots, n)$ e $q \in I$ é o número de ordem que a combinação viável foi gerada. Com esta ordenação assegura-se que o conjunto de sucessores de um nó será sempre formado pelas combinações de máximo lucro.

O maior dos valores de L^q, será utilizado no item seguinte como sendo o parâmetro LUDEL.

4.2.12. Transformação do Problema de Maximização para um Problema de Minimização

Como o algoritmo A* utilizado neste trabalho é um algoritmo que se destina a busca de caminhos de mínimo custo em grafos, torna-se então necessário a transformação do problema de maximização de lucros em um problema de minimização de custos. O termo custo (como se comentou na seção 3.4) não significa o desembolso necessário para implantar o investimento, mas sim um coeficiente que quando minimizado implica numa maximização do retorno dos investimentos.

Sejam n_0 o nó inicial e n_t um nó terminal do grafo G. Então, o custo de um certo caminho em G, é dado por:

$$c_{0t}^{G} = c_{0a} + c_{ab} + \ldots + c_{gt}$$

onde, os c_{ij} são os custos associados aos arcos de um certo caminho desde o nó inicial até um nó terminal. Logo o caminho de custo mínimo é aquele em que o custo c_{0t}^{G} seja mínimo.

Como viu-se nas seções 4.2.7, 4.2.8 e 4.29, o custo de um nó é dado por:

$$c_i = p \times \text{LUDEL} - L_i$$

e o custo de um arco é dado por:

$$c_{ik} = c_k - c_i.$$

Fica então evidenciado que:

(i) Está garantida a não negatividade de c_i, pois p (etapa do horizonte de planejamento) é um número inteiro e positivo, LUDEL é um número positivo e maior ou igual que L_i (ver definição de LUDEL na seção 4.2.1).

(ii) Também está garantida a não negatividade de c_{ik}, pois conforme a definição de c_{ik} (ver seção 3.4.7) c_k não será menor que c_i.

(iii) A minimização de c_i implica na maximização de L_i, pois LUDEL é um parâmetro pré-fixado. Logo maximizar o lucro total implica em minimizar c_{0t}^{G}.

4.2.13. Configurações

Uma configuração C_i representada pelo nó n_i do grago G, fica bem definida por uma matriz

$$M^i_{n,12} = (m^i_{a,b})_{n,12} \quad .$$

onde n é o número total de projetos. Cada linha a da matriz M^i corresponde a um projeto p_a, enquanto cada coluna b guarda informações w_b sobre o projeto da linha correspondente, ou do nó em questão, como segue:

w_1. Corresponde a ordenação dos projetos;

w_2. Representa o vetor V^q das combinações viáveis;

w_3. Cada elemento desta coluna representa a quantidade de etapas necessárias a implantação dos projetos da linha correspondente;

w_4. Dá a situação de cada projeto em relação implantação, $(m^i_{a,4})$ pode ser 0, 1, 2, 3 ou 4, sendo que se for 0,significa que o projeto p_a ainda não teve sua implantação iniciada. Se for 1, p_a terá sua implantação iniciada e a mesma não termina nesta etapa. Se for 2, a implantação do p_a teve início em estágios anteriores, mas está continuando neste estágio, além de que, não terminará nesta etapa. Se for 3, p_a está na última fase de implantação, mesmo que p_a necessite de uma única fase para tal. Finalmente, se for 4, significa dizer que o projeto já foi implantado em estágios anteriores;

w_5. Estas informações dizem respeito ao número da etapa de implantação em que se encontra um projeto. Se $(m^i_{a,5}) = 0$, significa dizer que p_a não está em fase de implantação, podendo o mesmo até já ter sido concluído;

w_6. Qualquer $(m^i_{a,6})$ informa o número de ordem de geração do nó antecessor;

w_7. Qualquer $(m^i_{a,7})$ informa o estágio atual do nó;

w_8. Qualquer $(m^i_{a,8})$ informa o número de ordem de geração do nó em questão;

w_9. Refere-se ao valor presente (na data de implantação) do lucro do projeto implantado ou em implantação;

w_{10}. Qualquer $(m^i_{a,10})$ é o somatório dos $(m^i_{q,\ 9})$ para $q = 1, 2, \ldots, a$. Quando $a = n$ (número total de projetos)tem-se então o lucro acumulado do nó;

w_{11}. $(m^i_{a,11}) = p \times \text{LUDEL} - (m^i_{a,10})$, onde p é o estágio do nó. Sendo assim quando $a = n$ (número total de projetos) tem-se então o custo do nó, ou seja, tem-se o $\bar{g}(n)$;

w_{12}. $(m^i_{n,12})$ onde n é o número total de projetos, informa o valor da heurística $\bar{f}(n)$. O cálculo de $\bar{f}(n)$ é mostrado em na seção 4.2.5.

Se o problema inicia-se sem que nenhum projeto esteja em andamento, quanto a sua implantação, então a configuração inicial C_0 terá na segunda coluna da matriz M^0 um vetor V^q nulo, pois não existe ainda nenhuma combinação inicial de projetos.

A geração do conjunto de sucessoras de uma configuração dá-se pela introdução ou não de uma nova combinação viável de projetos com as suas respectivas informações, como mostra-se no parágrafo abaixo.

Conhecida uma configuração C_n do estágio $e = p$, suas sucessoras pertencerão ao estágio $e = p + 1$ e serão obtidas da seguinte forma:

1º) Caso algum dos projetos da configuração C_n tenha a sua implantação concluída em p, introduz-se então no lugar da combinação que compõe C_n, todas as combinações que contenham pelo menos os projetos que ainda não tiveram suas implantações concluídas. Neste caso o número de sucessoras será igual ao número de combinações que entrarem (em p + 1) no lugar da combinação que teve projetos implantados em p.

2º) Se todos os projetos da configuração C_n tiverem suas implantações concluídas em p e se não houverem novas combinações viáveis de projetos, então C_n terá somente uma sucessora a qual terá na coluna 2 da matriz M^n, o vetor V^q com todas as componentes nulas. A combinação gerada como acima descrito terá uma única sucessora, também com V^q nulo, e assim sucessivamente, até que se esgote o horizonte de planejamento.

3º) Caso nenhum dos projetos da configuração C_n tenha a sua implantação concluída em p, C_n terá então somente uma sucessora, sendo que ela terá a mesma combinação de projetos.

4.2.14. Informações de Heurística $\bar{f}$

Seja n_i um nó do grafo G. A heurística $\bar{f}(n_i)$ é a previsão do custo de um caminho que passe por n_i, a qual é composta de duas parcelas, $\bar{g}(n_i)$ e $\bar{h}(n_i)$ que são, o custo do nó n_i e a previsão de custo desde este nó até um nó terminal, respectivamente.

$\bar{h}(n_i)$ é o menor dos $h(n_i)$, calculados à partir das considerações de execução ou não, dos projetos que ainda não entraram na configuração representada pelo nó n_i.

4.2.14.1. Cálculo de $\bar{h}(n_i)$

O $\bar{h}(n_i)$ é calculado tirando-se de LUDEL x d (d é o número de etapas faltantes para terminar o horizonte de planejamento) a soma de todos os $\bar{h}_j(n_i)$, i = 1, 2, ..., a (a é o número total de projetos), os quais são calculados como descreve-se abaixo:

1º) $\bar{h}_j(n_i) = 0$, se uma das condições abaixo for satisfeita:

- O projeto j está em implantação;
- O projeto j já teve sua implantação concluída;
- O projeto j não foi implantado, porém não existe mais disponibilidade de tempo, dentro do horizonte de planejamento, para a sua implantação.

2º) Caso o projeto j não tenha sido implantado e se ainda houver tempo disponível, no horizonte de planejamento, para a sua implantação, então

$$\bar{h}_j(n_i) = \text{LUCPE} \div (1 + \text{tma})^m$$

onde LUCPE é o lucro do projeto j na data da sua implantação e m é o número da etapa do horizonte de planejamento, em que a análise é realizada.

4.2.15. Podas

As podas são estratégias, usadas no algoritmo proposto, para eliminação de nós não interessantes ao problema, evitando-se assim que os mesmos gerem sucessores, os quais seriam também, não interessantes.

4.2.15.1. Poda 1

Sejam C_i e C_j configurações do estágio p; k_i e k_j caminhos desde C_0 até C_i e C_j, respectivamente. Sejam ainda, k_i e k_j caminhos que impliquem na implantação dos mesmos projetos, independentes da ordem em que eles apareçam. Então, o algoritmo através da "poda 1" eliminará a configuração de maior custo, expandindo posteriormente somente a configuração de menor custo.

A "poda 1" não interfere na admissibilidade ou não do algoritmo. Isto porque, eliminar uma configuração da forma como foi colocada acima, possibilita ainda que os mesmos projetos sejam executados com custo (de minimização) menor.

4.2.15.2. Poda 2

Seja C_i uma configuração representada pelo nó n_i do grafo G em uma iteração k ($k \neq 1$). O custo de um caminho que passa por n_i é dado por:

$$f(n_i) = g(n_i) + h(n_i)$$

sendo $g(n_i)$ o custo do caminho, calculado no grafo G, desde n_0 até n_i e $h(n_i)$ uma previsão de custo do caminho desde n_i até um nó terminal. Seja ainda, c_{k-1} o custo do caminho ótimo encontrado pelo algoritmo na iteração k-i. Então o nó n_i será eliminado se

$$f(n_i) \geq c_{k-i}.$$

Como na "poda 1", a "poda 2" não interfere na admissibilidade ou não do algoritmo pois, fica evidente que se n_i não for eliminado, obedecendo-se as condições acima, o custo do caminho passando por n_i será maior ou igual que o custo do caminho encontrado na iteração anterior.

4.2.15.3. Acelerador da Poda 2

O acelerador é um coeficiente entre 0 e i, que quando multiplica c_{k-i}, definido na seção anterior, faz com que o algoritmo, em uma iteração k, encontre mais rapidamente uma configuração terminal. Em outras palavras, ao se multiplicar c_{k-i} por uma constante menor que i, está se diminuindo o valor do lado direito da desigualdade

$$f(n_i) \geq c_{k-i}$$

fazendo com que a "poda 2" fique mais eficiente.

A "poda 2" usada com o acelerador pode interferir na completicibilidade do algoritmo em uma iteração k, fazendo com que o mesmo mude para a iteração k + 1 sem ter alcançado uma configuração terminal. Isto porém, não acarreta maiores problemas para o algoritmo, pois o mesmo pode encontrar uma configuração terminal na iteração seguinte, e assim sucessivamente. Caso o algoritmo atinja a última iteração, a qual define-se como dado de entrada, sem que tenha alcançado uma configuração terminal, fica garantido que o ótimo (menor custo), para este número de iterações, está situado entre uma faixa compreendida por:

$$c_{k-1} \text{ e } w \times c_{k-1}$$

onde w corresponde ao coeficiente acima citado.

Se o algoritmo encontrar uma configuração terminal, numa iteração k, então o algoritmo encontrou o caminho ótimo para esta iteração.

4.2.16. Regras de Paradas

Dado um número máximo q de iterações, o algoritmo proposto se utilizará das seguintes regras de paradas:

1ª) Se depois de m iterações, sendo m um número definido na entrada de dados, o algoritmo não encontrar uma solução melhor que a última encontrada ao atingir uma configuração terminal, então o algoritmo pára encontrando um sub-ótimo.

2ª) Se a 1ª regra não for satisfeita, então o algoritmo pára quando atingir o número máximo q de iterações. Neste caso a admissibilidade do algoritmo fica sujeita ao número máximo de iterações. Se o número de iterações for suficientemente grande para que o algoritmo expanda todas as possíveis configurações, então ele será admissível, pois na última iteração ter-se-á o algoritmo A*. Porém, se o número de iterações não for suficientemente grande, como descrito acima, o algoritmo encontrará um ótimo para este número de iterações, o qual será maior ou igual que o ótimo do A*.

4.2.17. Formulação do Problema

Sejam dados:

1) Uma seqüência de estágios; e

2) Uma lista de projetos com suas respectivas informações sobre o número de períodos, mão-de-obra e investimentos necessários

à sua implantação, e ainda, o valor presente do lucro de cada projeto;

3) O valor presente dos recursos disponíveis por período.

Encontrar uma seqüência de configurações (C_0, C_1, C_2, C_3,..., C_t), tal que o custo seja minimizado. Ou seja, encontrar o caminho de custo mínimo, desde o nó inicial n_0 até o nó terminal n_t.

4.2.18. Enunciado do Algoritmo

Passo 0

Encontrar as possíveis combinações de projetos, considerando as restrições financeiras.

Ordenar as combinações em ordem decrescente de lucro, colocando-as em uma lista L.

Fazer LUDEL (parâmetro para a transformação do problema de maximização em minimização) igual ao lucro da primeira combinação de L.

Inicializar o contador de iterações, fazendo k = 0.

Passo 1

Se k for igual ao número máximo de iterações, parar (o caminho ótimo é o da última iteração).

Senão continuar.

Fazer k = k + 1

Gerar o nó inicial s.

Colocar o nó inicial s em uma lista chamada Aberto a calcular $\bar{f}(s)$.

Passo 2

Se Aberto estiver vazia (i) $k = 1$, parar com insucesso; (ii) $k \neq 1$ voltar ao passo 1.

Senão continuar.

Passo 3

Retirar de Aberto o nó cujo valor de $\bar{f}$ for menor e introduzir em uma lista chamada Fechada. Seja n este nó (resolver empates arbitrariamente, mas sempre em favor de qualquer nó alvo).

Passo 4

Se $n \in T$, voltar ao passo 1, obtendo o caminho ótimo, da iteração, por meio dos indicadores.

Senão, continuar.

Passo 5

Expandir n, gerando no máximo k sucessores. Para a geração utilizar a lista L, retirando da mesma, as k primeiras combinações possíveis de serem executadas.

Para cada sucessor n_i, calcular $\bar{f}(n_i)$, utilizando

$\bar{f}(n) = \bar{g}(n) + \bar{h}(n)$, onde

$\bar{g}(n_i) = \bar{g}(n) + c(n, n_i)$

Submeter cada sucessor n_i as podas 1 e 2.

Se $\delta(n) = \emptyset$ voltar ao passo 2.

Passo 6

Associar aos sucessores que ainda não se encontram em Aberto nem em Fechado os valores de $\bar{f}$ calculados.

Introduzir estes nós em Aberto e dirigir os apontadores para n.

Passo 7

Voltar ao passo 2.

4.2.19. Comentários

Na primeira iteração do algoritmo proposto, tem-se um algoritmo idêntico ao da Estratégia Incremental, enquanto que nas iterações seguintes, algoritmo proposto é uma modificação do algoritmo A*, porém mantendo as mesmas características do mesmo.

Observe-se que o passo 7 do algoritmo A*, foi eliminado no algoritmo proposto, porém sem prejuízo para o mesmo. Isto só foi possível porque a poda 1 tem uma ação idêntica ao passo citado.

Pode-se facilmente observar que $\bar{h}$ como foi calculado, é o menor dos h, uma vez que se considerou todas as possibilidades de implantação de novos projetos. Ou seja, $\bar{h}$ é o menor dos h pois desconta-se de LUDEL x d (d é o número de etapas faltantes para terminar o horizonte de planejamento), que é o maior dos h, todas as possibilidades admissíveis de lucro, provocadas pela implantação de novos projetos.

O algoritmo proposto será admissível se, a poda 2 for usada sem acelerador e ainda o número de iterações permitidas for igual ao número de combinações possíveis de projetos. Isto porque, a poda 2 sem acelerador, não interfere na admissibilidade do algoritmo (conforme comenta-se na seção 4.2.4.2), ao passo que o número de iterações for igual ao número de combinações possíveis de projetos, tem-se, na última iteração, o algoritmo A*.

4.3. Conclusão

Neste capítulo formulou-se o problema de alocação seqüencial de recursos, segundo um grafo de expansão e propôs-se um algoritmo para a solução do mesmo.

O algoritmo proposto procura sub-ótimos, através de um número pré-definido de iterações, sendo que cada iteração é um algoritmo que baseia-se no algoritmo A* e utiliza-se do sub-ótimo encontrado na iteração anterior como informação para poda.

A vantagem que o algoritmo proposto leva em relação a outros algoritmos, na solução de problemas do tipo formulado neste trabalho, é que pode encontrar sub-ótimos com relativa rapidez computacional. Um sub-ótimo encontrado numa certa iteração é sempre melhor, ou na pior das hipóteses, igual ao sub-ótimo encontrado numa iteração anterior. Embora, este seja um algoritmo eficaz para encontrar o ótimo absoluto do problema de grande porte, assim como os demais algoritmos existentes na literatura, ele requer equipamentos computacionais de grande porte.

No capítulo seguinte faz-se um resumo explicativo sobre o programa computacional desenvolvido para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos, segundo o algoritmo proposto neste trabalho. Apresentam-se ainda dois exemplos, com o objetivo de mostrar-se o desempenho do algoritmo proposto, fazendo-se uma análise dos resultados encontrados.

5. IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO

5.1. Introdução

Neste capítulo é apresentado o sistema computacional utilizado, no trabalho, para a resolução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimento, através de busca em grafo, conforme algoritmo proposto na seção 4.2.18.

Com o objetivo de ilustrar o algoritmo proposto, são ainda apresentados neste capítulo dois exemplos. Através do primeiro exemplo pode-se fazer uma análise comparativa entre os resultados das opções que o programa, apresentado no anexo A, fornece para a busca do caminho ótimo, através do algoritmo A* da literatura e do algoritmo proposto na seção 4.2.6. O segundo exemplo mostra mais detalhadamente a aplicação do algoritmo proposto na solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimento.

Os resultados apresentados nas seções 5.3 e 5.4 foram obtidos utilizando-se um microcomputador PC Itautec de 16 bits e 786 kbytes de memória RAM.

5.2. Sistema Computacional

Devido a complexidade do problema foi elaborado um programa computacional com base no algoritmo proposto para solução do problema.

O programa, que se apresenta no anexo A, foi escrito em Basic compatível com a maioria das versões de Basic disponíveis em microcomputadores nacionais. Em momento algum utilizam-se de comandos ou funções específicas de versões mais sofisticadas.

O programa encontra-se em linguagem conversacional e a razão de implementá-lo em Basic foi de torná-lo acessível a usuários que não possuam sofisticados recursos computacionais.

O programa é formado por blocos e subrotinas, como descreve-se na seção a seguir.

5.2.1. Estrutura do Programa

Num primeiro bloco, denominado de "ENTRADA DE DADOS", é feita a entrada de dados referentes a empresa e aos projetos, a saber:

- Taxa de mínima atratividade da empresa;
- Número de períodos do horizonte de planejamento da empresa;
- Disponibilidade financeira da empresa por período;
- Quantidade de homens-hora que a empresa dispõe por período;
- Número total projetos de alternativas de investimentos;
- Número de etapas necessárias para a execução de cada projeto;

- Custo por etapa de cada projeto;
- Valor presente do lucro de cada projeto na data de sua implantação.

Ainda na primeira etapa, o programa pergunta se a análise a ser feita é uma revisão ou não. No caso de revisão, através da subrotina "SUBROTINA PARA A ENTRADA DE DADOS DA REVISÃO" é feita a entrada dos seguintes dados:

- Número de ordem dos projetos em andamentos;
- Número de etapas faltantes para concluir os projetos em andamentos.

A seguir, o bloco "GERAÇÃO E CÁLCULO DAS POSSÍVEIS COMBINAÇÕES", que é a etapa do programa responsável pela geração de todas as possíveis combinações de projetos, elegendo dentre elas, as que satisfazem as restrições financeira e de mão-de-obra da empresa.

O bloco "ARQUIVA E IMPRIME AS POSSÍVEIS COMBINAÇÕES", através da subrotina "SUBROTINA PARA COLOCAR A MACOM EM ORDEM DECRESCENTE DE LUCRO", ordena em ordem decrescente de lucro, as combinações calculadas no bloco anterior, arquivando-as e imprimindo-as. Neste bloco, após a impressão, ainda é feita a entrada de dados que dizem respeito ao programa, tais como

- Número máximo de sucessores por nó (número de iterações);
- Passo da iteração para o número de sucessores;
- Percentagem do último ótimo para a poda 2;
- Número máximo de iterações sucessivas sem que haja melhora do ótimo.

O bloco "GERAÇÃO DAS MATRIZES A PARTIR DO NÓ INICIAL E ESCOLHA DA DE MENOR CUSTO", se a análise não for uma revisão, gera a partir das combinações calculadas anteriormente, as matrizes (configurações) da primeira etapa do horizonte de planejamento, elegendo, após calcular o valor de $\bar{f}$ através da subrotina "Subrotina Poda 2", o nó de menor valor de $\bar{f}$ e colocando-o na lista Fechado, enquanto os demais são colocados na lista Aberto. Caso a análise seja uma revisão, esta etapa através da subrotina "SUBROTINA GERADORA DO NÓ INICIAL (revisão)" gera um nó inicial, do estágio zero, o qual será usado pelo programa para a geração dos nós da primeira etapa da revisão.

O bloco "GERAÇÃO DOS VETORES QUE DIRÃO QUAIS OS PROJETOS QUE ESTÃO EM ANDAMENTO" gera a partir do último nó fechado, um vetor que dirá quais projetos estão implantados ou em andamento.

O bloco "ESCOLHE AS POSSÍVEIS COMBINAÇÕES A SEREM EXPANDIDAS" servindo-se do vetor gerado no bloco anterior, determina quais as combinações de projetos serão expandidas.

O bloco "GERADOR DE SUCESSORES" gera os sucessores utilizando-se das combinações determinadas no bloco anterior. Após o cálculo do valor de $\bar{f}$ através da subrotina "SUBROTINA PODA 2", é eleito o nó de menor valor de $\bar{f}$ e colocado na lista Fechado, enquanto que os demais são colocados na lista Aberto.

O bloco "ESCOLHA DOS NÓS (PAIS) DE MÍNIMO CUSTO DA LISTA ABERTA" seleciona o nó de menor valor de $\bar{f}$ para ser expandido, colocando-o posteriormente em Fechado. Neste bloco, através da subrotina "PODA DOS NÓS IDÊNTICOS AOS QUE JÁ FORAM FECHADOS" são eliminados os nós que apresentam uma configuração idêntica ao último nó fechado. Esta poda é denominada na seção (4.2.4.1) de PODA 1.

O bloco "COPIADOR DOS PAIS QUE NÃO PODEM TER FILHOS" gera o sucessor de um nó quando não existem combinações de projetos passíveis de serem implantadas.

Finalmente tem-se o bloco "RECONSTITUIÇÃO DO CAMINHO ÓTIMO", o qual é responsável pela reconstituição do caminho ótimo de uma dada iteração, através da lista Fechado. Ao final deste bloco, é permitido que o problema seja novamente executado, alterando-se somente os dados de entrada do tipo "Dados do Programa".

5.2.2. Características do Problema

Pela estrutura do programa são possíveis as seguintes opções de busca do caminho ótimo.

- A* da literatura

Para tal basta que se permita que todos os sucessores viáveis de um nó sejam gerados, até que se encontre um nó terminal, rodando o programa sem a poda 2. Para a eliminação da poda 2, basta atribuir-se ao dado de entrada "PERCENTAGEM DO ÚLTIMO ÓTIMO PARA A PODA 2", uma percentagem alta, como por exemplo 1000%. Nesta situação, pela teoria de grafos, fica assegurada a admissibilidade do algoritmo.

- A* com a poda 2

Esta opção é idêntica a anterior, porém só serão geradores de sucessores aqueles nós que tenham previsão de custo (valor de $\bar{f}$) menor que o custo encontrado na solução obtida pelo algoritmo incremental. Nesta opção, como na primeira, também fica assegurada a admissibilidade do algoritmo.

- A* com acelerador da poda 2

Nesta opção roda-se o programa permitindo que sejam geradores somente os nós que tiverem um valor do $\bar{f}$ menor que uma certa percentagem do ótimo encontrado pelo algoritmo incremental, pré-estabelecida como dado de entrada do programa. Neste caso se for encontrado uma solução esta será a ótima. Caso o algoritmo não encontre uma solução, fica assegurado pela teoria de grafos, que o ótimo está compreendido numa faixa entre a percentagem do ótimo do algoritmo incremental e o próprio ótimo do incremental.

- Iterativo com base no A*

Neste caso o programa é rodado estabelecendo-se uma número máximo de sucessores por nó, sendo que o programa roda iterativamente. Na primeira iteração só será gerado um sucessor po nó, na segunda, no máximo dois sucessores por nó, na terceira no máximo três, e assim sucessivamente, até atingir o número máximo de sucessores permitidos nos dados de entrada do programa. Se não for utilizada a poda 2 ou ainda, se o delimitante da poda 2 for igual ao último ótimo encontrado, então o algoritmo encontrará um ótimo para este número máximo de sucessores, o qual é um sub-ótimo do algoritmo A*. Caso seja utilizada a poda 2, então se não for encontrado um ótimo para este número de iterações fica assegurado, pela teoria de grafos, que o ótimo, para este número de iterações, está compreendido entre a percentagem do último ótimo encontrado e este.

5.3. <u>Exemplo 1</u>

Com o exemplo a seguir, procura-se mostrar a eficácia do algoritmo proposto, através da análise comparativa dos resultados encontrados nas diversas opções de busca do caminho ótimo oferecidas pelo programa.

Dados Gerais

Taxa de mínima atratividade	= 0,2
Recursos disponíveis por período pela empresa	= 10
Homens-horas disponíveis por período pela empresa	= 10
Número total de projetos	= 10
Número de períodos do horizonte de planejamento	= 6

Dados dos Projetos

Projeto nº	Nº etapas	HH P/período	Lucro na implantação	Custo p/período
01	01	02	05	06
02	02	04	10	03
03	05	08	03	07
04	04	00	08	08
05	05	04	01	02
06	06	07	03	08
07	02	02	10	06
08	04	06	09	04
09	02	00	07	06
10	01	05	12	04

QUADRO 5.a

No anexo B, apresenta-se o relatório do computador para o exemplo a seguir, conforme dados do quadro (5.a).

Com os dados acima listados, o programa teve sua execução iniciada, fornecendo a seguir o número máximo de combinações de projetos possíveis de serem implantadas, da seguinte forma:

NÚMERO MÁXIMO DE COMBINAÇÕES = 28.

5.3.1. Busca do Caminho Ótimo pelo A*

Com o resultado acima, para que o programa faça a busca do caminho ótimo segundo o algoritmo A*, deve-se entrar com os seguintes dados do programa:

Dados do Programa

Número máximo de sucessores por nó	= 28
Passo da iteração para o número de sucessores	= 27
Percentagem do último ótimo para a PODA 2	= 100
Máxima iteração sucessiva sem melhora do ótimo	= 2

Com os dados acima, o programa, na primeira iteração, deveria fornecer o ótimo do algoritmo incremental, enquanto que na segunda iteração, o ótimo do algoritmo A* da literatura.

Na primeira iteração, a qual teve um tempo de sala de aproximadamente 50 (cinqüenta) segundos, o programa realmente forneceu uma solução conforme mostra-se no quadro abaixo (5.b), porém, depois de aproximadamente 12 (doze) horas de operação, a execução foi interrompida por falta de memória computacional, desta forma não foi possível uma solução segundo o algoritmo A*.

Etapa do hor. plan.	Número do projeto em implantação									
01	-	02	-	-	-	-	-	-	-	10
02	-	02	-	-	-	-	07	-	-	-
03	-	-	-	-	-	-	07	08	-	-
04	-	-	-	-	-	-	-	08	09	-
05	-	-	-	-	-	-	-	08	09	-
06	01	-	-	-	-	-	-	08	-	-

Custo mínimo (caminho ótimo) .... = 92,8

Lucro total .... = 39,2

QUADRO 5.b

5.3.2. Busca do Caminho Ótimo pelo A* com a Poda 2

Neste procedimento, os dados de entrada do tipo, dados gerais e dados dos projetos, são idênticos aos dados do mesmo tipo no procedimento anterior, mudando somente os dados do programa, conforme são listados abaixo.

Dados do Programa

Número máximo de sucessores por nó = 20

Passo da iteração para o número de sucessores = 27

Percentagem do último ótimo para a PODA 2 = 1

Máximo de iteração sucessiva sem melhoria do ótimo = 2

Observe-se, que o fato de atribuir-se 100%, para o dado de entrada "Percentagem do último ótimo para a PODA 2", faz com que somente sejam geradores de sucessores, aqueles nós que tenham uma previsão do valor de $\bar{f}$ menor que o valor de $\bar{f}$ calculado pelo algoritmo incremental (primeira iteração).

Com os dados acima, o programa na primeira iteração fornece uma solução ótima, idêntica a fornecida no procedimento anterior (ver quadro 5.b).

Na segunda iteração o programa fornece, depois de 08:22 horas de execução (tempo de sala), uma solução ótima, conforme pode-se observar no quadro abaixo (5.c).

Etapa do hor. plan.	Número do projeto em implantação									
01	-	-	-	-	-	-	07	-	-	10
02	-	02	-	-	-	-	07	-	-	-
03	-	02	-	-	-	-	-	08	-	-
04	01	-	-	-	-	-	-	08	-	-
05	-	-	-	-	-	-	-	08	09	-
06	-	-	-	-	-	-	-	08	09	-

Custo mínimo (caminho ótimo) .... = 92,63

Lucro total .... = 39,37

QUADRO 5.c

5.3.3. Busca do Caminho Ótimo pelo A* com o Acelerador da Poda 2

Neste procedimento, também permanecem inalterados os dados gerais e os dados dos projetos, enquanto que os dados do programa variam em relação aos procedimentos anteriores, conforme observa-se na lista abaixo.

Dados do Programa

Número máximo de sucessores por nó	= 28
Passo da iteração para o número de sucessores	= 27
Percentagem do último ótimo para a PODA 2	= 0,9
Máxima iteração sucessiva sem melhora do ótimo	= 2

Como nos procedimentos anteriores, na primeira iteração o programa fornece a solução do algoritmo incremental, a qual foi apresentada no quadro (5.b).

Na segunda iteração, após o programa ter gerado 231 nós, com um tempo de sala de aproximadamente 25 minutos, observa-se que foi encontrada uma solução com custo menor que 83,52, o que faz com que se conclua que o ótimo está compreendido entre 83,52 e 92,8, sendo este último, o mínimo custo encontrado pelo algoritmo incremental.

5.3.4. Busca do Caminho Ótimo pelo Algoritmo Iterativo com Base no A*

Mantém-se os mesmos dados gerais e dos projetos da seção (5.3.1) e alteram-se os dados do programa, conforme lista abaixo:

Dados do Programa

Número máximo de sucessores por nó	= 28
Passo da iteração para o número de sucessores	= 1
Percentagem do último ótimo para a PODA 2	= 0,9

Máxima iteração sucessiva sem melhora do ótimo = 5

Com os dados acima, o programa na primeira iteração forneceu a solução ótima do algoritmo incremental, como nos procedimentos anteriores (ver quadro 5.b).

Até a sexta iteração, não foi encontrada uma solução que apresentasse um valor de $\bar{f}$ menor que 90% do valor encontrado na solução do algoritmo incremental, sendo assim, o programa ativou uma das regras de parada, pois o número de iterações sucessivas sem melhora do ótimo, atribuído como dado de entrada foi igual a 5.

No quadro abaixo (5.d), apresenta-se um resumo das cinco iterações sucessivas sem melhora do ótimo.

Iteração Nº	Tempo de Sala (min)	Nós Gerados	Nós Podados
02	0,5	14	08
03	1,0	26	17
04	3,2	49	36
05	4,1	61	46
06	5,2	75	58

QUADRO 5.d

5.3.5. Comentários sobre os Resultados do Exemplo 1

Através do exemplo 1, observa-se que para as 28 combinações viáveis, calculadas no programa, não foi possível encontrar-se uma solução pelo algoritmo A*, por falta de memória computacional. Porém, utilizando-se o resultado encontrado no algoritmo incremental, primeira iteração, como elemento de poda para o algoritmo

A*, pode-se chegar a solução ótima, usando-se o mesmo equipamento computacional, embora num tempo relativamente grande.

Observa-se ainda, que rapidamente, através do acelerador da Poda 2 no algoritmo A*, pode-se chegar a um resultado, tão próximo do ótimo quanto se deseje, obtendo-se nesta opção, uma significante redução no tempo de computador. Esta opção deve ser usada quando desejar-se uma solução sub-ótima para o algoritmo A*, garantindo ao mesmo tempo, que o ótimo é um valor entre uma certa percentagem (no exemplo, 90%) do resultado do algoritmo incremental e deste último.

Ainda, numa outra opção, observa-se que sub-ótimos podem ser encontrados, delimitando-se, num processo iterativo, o número de sucessores por nó, sendo que o programa para a sua execução, se ficar um certo número de iterações sem encontrar um resultado melhor que o último. Nesta opção, a poda 2 pode ser usada com ou sem acelerador. O uso desta opção é recomendado, quando deseja-se soluções rápidas, as quais não necessariamente tenham que ser ótimas.

5.4. Exemplo 2

No quadro(5.e), apresentam-se os dados do exemplo 2, o qual objetiva ilustrar o uso do algoritmo proposto para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos.

Dados Gerais

Taxa de mínima atratividade	= 0,05
Recursos disponíveis por período pela empresa	= 100
Homens-horas disponíveis por período pela empresa	= 100
Número total de projetos	= 10
Número de períodos do horizonte de planejamento	= 6

Dados dos Projetos

Projeto nº	Nº etapas	HH p/ período	Lucro na implantação	Custo p/período
01	06	10	100	90
02	03	20	60	60
03	03	30	65	50
04	02	50	05	30
05	05	50	10	20
06	02	00	05	10
07	03	30	20	30
08	04	40	02	10
09	01	10	10	60
10	01	10	01	10

QUADRO 5.e

Neste exemplo é considerado ainda, que a análise se trata de uma revisão, onde o projeto nº 1 ainda não foi totalmente implantado. Considerou-se que falta uma etapa para conclusão da sua implantação. Logo, o projeto nº 1 tem prioridade sobre os demais.

Os quadros com os resultados deste exemplo, apresentados a seguir, sintetizam o relatório emitido pelo programa, cuja íntegra encontra-se no anexo C.

O número máximo de combinações de projetos possíveis de serem implantados, calculado com os dados acima é igual a 108.

Inicialmente o programa foi executado com os dados abaixo:

Dados do Programa

Número máximo de sucessores por nó	= 11
Passo da iteração para o número de sucessores	= 2
Percentagem do último ótimo para a PODA 2	= 0,9
Máxima iteração sucessiva sem melhora do ótimo	= 3

Na primeira iteração, o programa encontrou o uma solução, a qual é a ótima do laogritmo incremental e que resume-se no quadro (5.f).

Nas três iterações seguintes não foi encontrado um valor de $\bar{f}$ que fosse menor que 90% do valor encontrado na solução do algoritmo incremental, sendo assim o programa ativou uma regra de parada. O resumo destas iterações mostra-se no quadro abaixo (5.g).

Etapa do hor. plan.	Número do projeto de implantação								
01	01	-	-	-	-	-	-	08	-	-
02	01	-	-	-	-	06	-	-	-	-
03	01	-	-	-	-	06	-	-	-	-
04	01	-	-	-	-	-	-	-	-	10
05	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Custo mínima (caminho ótimo) .... = 529,4
Lucro total .... = 100,6

QUADRO 5.f

Iteração nº	Tempo de Sala (min)	Nós Gerados	Nós Podados
03	4,3	36	19
05	9,3	67	39
07	25,9	136	87

QUADRO 5.g

Concluída a execução do programa para os dados acima, então o programa foi novamente executado, alterando-se os dados de entrada relativos ao programa, como mostra-se a seguir:

Dados do Programa

Número máximo de sucessores para cada nó = 11

Passo da iteração para o número de sucessores = 2

Percentagem do último ótimo para a PODA 2 = 0,95

Máxima iteração sucessiva sem melhora do ótimo = 2

Na primeira iteração, o resultado encontrado foi o mesmo apresentado no quadro (5.f), já na segunda iteração, encontrou-se um resultado melhor que 95% do encontrado na primeira iteração, conforme mostra-se no quadro abaixo (5.h).

Etapa do hor. plan.	Número do projeto em implantação									
01	-	-	03	-	-	06	07	08	-	-
02	-	-	03	-	-	06	07	-	-	10
03	-	-	03	-	-	-	07	-	-	-
04	-	02	-	04	-	-	-	-	-	-
05	-	02	-	04	-	-	-	-	-	-
06	-	02	-	-	-	-	-	-	-	-

Custo mínimo (caminho ótimo) .... = 489,91

Lucro total .... = 140,09

QUADRO 5.h

Nas duas iterações seguintes, não foi encontrado um valor de $\bar{f}$ menor que 95% do encontrado na iteração anterior, sendo assim, o programa teve sua execução concluída. No quadro (5.i) mostra-se um resumo destas duas iterações.

Iteração nº	Tempo de Sala (min)	Nós Gerados	Nós Podados
05	4,4	38	24
07	10,1	52	37

QUADRO 5.i

Observa-se através deste exemplo, que ao usar-se um acelerador de poda de 90% da solução encontrada no algoritmo incremental, para um número pré-definido máximo, de ii sucessores por nó, o programa não encontrou, em 3 iterações sucessivas, com passo 2, uma solução melhor que 90% da encontrada na iteração 1. Sendo assim, o programa teve sua execução interrompida, pois foi inicialmente definido como sendo B o número de iterações sucessivas sem melhora da solução.

Após a interrupção acima citada, o programa pergunta se deseja-se ou não fazer alterações nos dados referentes ao programa. No exemplo, alterou-se de 90% para 95% a percentagem para a poda 2, de 3 para 2 o número máximo de iterações sucessivas sem melhora de resultado e finalmente de 3 para 2, o passo da iteração. Observa-se que já na segunda iteração, gerando até 3 sucessores por nó, houve uma melhora do resultado encontrado na primeira iteração.

Pela estrutura do programa, na iteração seguinte, gerando no máximo 5 sucessores por nó, o valor delimitante para a poda 2 é de 95% do resultado encontrado na última iteração (até 3 sucessores). Nesta iteração, como na iteração seguinte, não foi encontrada uma solução melhor, desta forma o programa foi novamente interrompido, pois o número máximo de iterações sem melhora da última solução, foi pré-definido como sendo 2.

5.5. Conclusão

Neste capítulo apresentou-se uma síntese do programa, mostrando o funcionamento dos blocos e subrotinas.

Foram apresentados ainda, dois exemplos, sendo que no primeiro observa-se que o algoritmo proposto pode encontrar um sub-ótimo com uma velocidade computacional muito grande em relação ao tempo necessário para encontrar-se o ótimo, ou ainda determinar uma faixa, na qual estará compreendida o ótimo. Observa-se ainda, a necessidade de equipamentos computacionais sofisticados para a resolução de um problema do tipo apresentado neste trabalho, ao utilizar-se o algoritmo A* da literatura. No segundo exemplo, pode-se observar a versatilidade do programa desenvolvido para a resolução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos.

No seguinte e último capítulo, apresenta-se a conclusão deste trabalho, ao mesmo tempo sugere-se outros trabalhos para dissertação de mestrado.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1. Conclusões

Neste trabalho apresentou-se uma metodologia para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimentos, o qual foi formulado como um problema de decisão seqüencial.

O modelo matemático proposto, baseado nas técnicas de busca de caminho ótimo em grafos, permite avaliar economicamente, com base na teoria da Análise de Investimentos, as diversas opções de alternativas de investimentos, alocando racionalmente os recursos disponíveis.

O algoritmo de programação heurística proposto neste trabalho procura encontrar soluções sub-ótimas para problemas de busca em grafo, fazendo com que rapidamente, através destas soluções, se obtenham informações que levem a soluções melhores.

A implementação computacional do algoritmo proposto permite, através de uma linguagem conversacional, uma série de alternativas para busca de caminho em grafo. Estas alternativas incluem o algoritmo A* da literatura, algumas variações do mesmo e o algoritmo proposto, que baseado no próprio algoritmo A* encontra soluções sub-ótimas. As soluções sub-ótimas são utilizadas pelo próprio algoritmo proposto para procurar soluções melhores.

Através dos exemplos apresentados observa-se que dependendo da estrutura do problema encontrar a solução ótima pode impor proibitivas exigências de memória e de tempo computacional. Em contra partida, observa-se que através do algoritmo proposto, soluções sub-ótimas, muito próximas da solução ótima, podem ser encontradas rapidamente, inclusive determinando-se uma faixa de valores na qual está compreendida a solução ótima.

O algoritmo desenvolvido neste trabalho, como todos os métodos que se utilizam de técnicas de busca em grafos, pode imediatamente ser aplicada a problemas de decisão seqüencial. Porém ao se aplicar a técnica proposta a outros de sistemas descritos por grafos, certamente serão necessárias adaptações, principalmente no que diz respeito à expansão das configurações.

6.2. Sugestões

O algoritmo proposto utiliza-se do algoritmo A* para a solução do problema de alocação de recursos em alternativas de investimento. Sugere-se o desenvolvimento de um algoritmo que se baseie no algoritmo $\hat{A}$, com a inclusão de outras podas, visando a diminuição do tempo computacional.

Na formulação do problema, só foram consideradas aquelas alternativas cujos lucros são possíveis de serem calculados, não sendo consideradas, por exemplo, as alternativas de cunho social. Sugere-se que seja desenvolvida uma metodologia, que inclua também alternativas desta natureza.

As possíveis sobras de recursos de um dado período não são, neste trabalho, incorporadas aos recursos dos períodos seguintes. Neste trabalho, estas sobras considera-se que sejam aplicadas à tma. Sugere-se que se desenvolva uma metodologia que incorpore estas possíveis sobras aos recursos das etapas subseqüentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BERGER, C. Graphes et Hipergraphes. Paris, Dunod, 1970.

02. BERGER, C.; GHO ILA-HOUIRA, A. Programas, Juegos y Sistemas de Transporte. México, Cia Editorial Continental, 1965.

03. BOAVENTURA NETO, P.O. Teoria e Modelos de Grafos. São Paulo, E. Blucher, 1979.

04. CASAROTO FILHO, N.; KOPITTKE, B.H. Análise de Investimentos. Florianópolis, Editora da UFSC, 1986.

05. CHAVES, J.R.B. Uma metodologia para o problema do carteiro chinês em rede mista. Tese M.Sc., UFSC, 1985.

06. CRISTOFIDES, Nicos. Graeh Teory: An Algorithmic Approech. London, Academic Press, 1978.

07. COLVARA, L.D. Planejamento do sistema de transmissão de energia elétrica com aplicação de critério de estabilidade transitória de Liapunox. Tese M.Sc., UFSC, 1981.

08. ENSSLIN, L. Análise de investimentos. Florianópolis, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 1977.

09. FURTADO, A. Luz. Teoria dos grafos: Algoritmos. Rio de Janeiro, Livros Técnicos, 1979.

10. GONZAGA, L.D. Estudo de algoritmo de busca em grafos a sua aplicação a problema de planejamento. Tese D.Sc., UFRJ,1973.

11. FLEISCHER, Geraldo A. Teoria da aplicação do capital: um estudo de decisões de investimento. São Paulo, E. Blucher, 1979.

12. GRANT, E.L. et alii. Principles of engeineering economy. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1982.

13. HESS, G. et alii. Engenharia econômica. Rio de Janeiro, Forum, 1974.

14. KOPITTKE, B.H.; ENSSLIN, L. Seleção de projetos de investimentos em situação onde os orçamentos são variáveis. Departamento de Engenharia Industrial, UFSC, 1978.

15. NASCIMENTO, Paulo R. Notas de aula. Curso de grafos, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 1984.

16. NICHOLSON, T.A.J. Optimization in industry. Vol.1, New York, Longman Group Limited, 1971.

17. NILSSON, N.J. Problem - solving methods in artificial intelligence. California, McGraw-Hill, 1971.

18. PORTERFIELD, James T.S. Decisões de investimento e custo de capital. São Paulo, Atlas, 1976.

19. PUCCINE, A. Introdução à programação linear. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1980.

20. SARDINHA, Paulo H. Análise de investimentos. Manuais de Confederação Nacional da Indústria, Rio de Janeiro, CEBRAE.

21. LEZANA, Álvaro G.R. Técnicas alternativas para avaliação de problemas de substituição de equipamentos. Tese M.Sc.,UFSC, 1983.

22. WEINGARTEN, H.M. Capital Budgeting of Interrelated Projects. Management Science, XII, nº 7 (março de 1966), pp.485-516.

A N E X O S

A N E X O   A

```
5 REM ..........................................................................................
10 REM ******************************************************************************************
15 REM ******************************** PROGRAMA : BUSCA EM GRAFO - A* ******************************
20 REM ******************************************************************************************
25 REM ..........................................................................................
30 REM
35 REM
40 REM ..........................................................................................
45 REM ************************************** ENTR ADA DE DADOS ***********************************
50 REM ..........................................................................................
55 OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
60 OPEN "D:FER" FOR OUTPUT AS #2
65 PRINT "TAXA DE MINIMA ATRATIVIDADE (TMA) =";:INPUT TMA:PRINT
70 PRINT #1,"TAXA DE MINIMA ATRATIVIDADE (TMA) ...........................= ";TMA : PRINT #1,
85 PRINT "MONTANTE DISPONIVEL NO PERIODO = ";:INPUT MON: PRINT
90 PRINT #1,"MONTANTE DISPONIVEL NO PERIODO ...........................= ";MON : PRINT #1,
92 PRINT "TOTAL DE HOMENS-HORA DISPONIVEIS POR PERIODO = ";:INPUT HH:PRINT
93 PRINT #1,"TOTAL DE HOMENS-HORA DISPONIVEIS POR PERIODO ..............= ";HH :PRINT #1,
95 PRINT "NUMERO DE PROJETOS = ";:INPUT NOPR:PRINT
100 PRINT #1,"NUMERO DE PROJETOS ...........................................= ";NOPR: PRINT #1,
105 PRINT "NUMERO DE PERIODOS = ";:INPUT NOPE:PRINT
110 PRINT #1,"NUMERO DE PERIODOS ...........................................= ";NOPE: PRINT #1,
115 K=NOPR : KONT=0 : LUDEL=1
120 DIM CUSPE(K),NUETA(K),LUCRO(K),CUSTO(K),DADO1(K),DADO2(K),HOHO(K)
125 DIM VET(K+1),AUX(K),BUX(K+1),LUCPE(K)
130 FOR X=1 TO NOPR
135 PRINT "NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO ";X;" =";:INPUT NUET:PRINT
140 PRINT #1,"NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO ";X;tab(33)"............................= ";NUET: PRINT #1,
145 NUETA(X)=NUET
147 PRINT "NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO ";X;" =";:INPUT HOHO(X):PRINT
148 PRINT #1,"NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO ";X;tab(52)".........= ";HOHO(X):PRINT#1,
150 PRINT "LUCRO NO PERIODO DO PROJETO ";X;" = ";:INPUT LUCR:PRINT
155 PRINT #1,"LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO ";X;tab(37)"........................= ";LUCR:PRINT #1,
160 LUCPE(X)=LUCR
165 PRINT "CUSTO NO PERIODO DO PROJETO ";X;" = ";:INPUT CUSP:PRINT
170 PRINT #1,"CUSTO NO PERIODO DO PROJETO ";X;tab(33)"............................= ";CUSP: PRINT #1,
175 CUSPE(X)=CUSP
176 CUSTO(X)=CUSPE(X)*NUETA(X)
177 LUCRO(X)=LUCPE(X)
178 NEXT X
179 print:print:print"**************************************************************************"
180 print:print tab(14)"SE ESTA ETAPA E UMA REVISAO TECLE 1, SENAO TECLE 0":print
181 print "**************************************************************************":print
182 print "............";:input rev
183 print #1,:print #1,"SE ESTA ETAPA E UMA REVISAO TECLE 1, SENAO TECLE 0          ";rev
184 if rev=1 then gosub 3500
185 print #1,:print #1,:Print #1,"hora de inicio = "; time$:print #1,:print #1,
186 LUDEL=0: repa=0
190 cls
191 print tab(908)"um momento por favor ..."
200 REM ..........................................................................................
205 REM ************************* GERACAO E CALCULO DAS POSSIVEIS COMBINACOES **********************
210 REM ..........................................................................................
215 FOR I=1 TO K
220 VET(I)=K-(I-1)
```

```
225 NEXT I
230 FOR I=NOPR TO 1 STEP -1
235 H=NOPR-(I-1)
240 AUX(H)=VET(I)
245 NEXT I
250 FOR I=1 TO NOPR
255 BUX(I)=0
260 IF AUX(I)=0 THEN 275
265 M=AUX(I)
270 BUX(M)=M
275 NEXT I
280 S=0
283 H=0
285 L=0
290 FOR I=1 TO NOPR
295 IF BUX(I)=0 THEN 310
300 S=S+CUSPE(I)
303 H=H+HOHO(I)
305 L=L+LUCPE(I)
310 NEXT I
315 IF (S>MON OR H>HH) THEN 350
320 KONT=KONT+1
325 BUX(NOPR+1)=L
330 FOR I=1 TO NOPR+1
335 PRINT #2, BUX(I)
340 NEXT I
345 IF L>LUDEL  THEN LUDEL=L
350 IF VET(K)=0 THEN 365
355 VET(K)=VET(K)-1
360 GOTO 230
365 K=K-1
370 IF K<=0 THEN 415
375 IF VET(K)<=2 THEN 355
380 VET(K)=VET(K)-1
385 A=VET(K)-1
390 FOR I=1 TO A
395 K=K+1
400 VET(K)=VET(K-1)-1
405 NEXT I
410 GOTO 230
415 CLOSE #2
416 kont=kont-1
420 REM ..........................................................................................
425 REM ************************ ARQUIVA E IMPRIME AS COMBINACOES POSSIVEIS **************************
430 REM ..........................................................................................
435 OPEN "D:FER" FOR INPUT AS #2
440 DIM MACOM(KONT,NOPR+1),SMACOM(KONT,NOPR)
445 PRINT #1,:PRINT #1,"MATRIZ DAS POSSIVEIS COMBINACOES":PRINT #1,
450 FOR X=1 TO KONT
455 FOR Y=1 TO NOPR+1
460 INPUT #2,MACOM(X,Y)
465 NEXT Y
470 NEXT X
475 GOSUB 2515
476 cls
```

```
480 FOR X=1 TO KONT
485 FOR Y=1 TO NOPR
490 PRINT tab(4*y)MACOM(X,Y);:PRINT #1,tab(4*y)MACOM(X,Y);
495 SMACOM(X,Y)=MACOM(X,Y)
500 NEXT Y : PRINT : PRINT #1,
505 NEXT X : PRINT :PRINT : PRINT #1,: PRINT #1,
510 print #1, time$:print #1,:print #1,:CLOSE #1 : CLOSE #2
515 OPEN "D:FER" FOR OUTPUT AS #2
520 CLOSE #2
525 REM A=((1-NUMA^NOPE)/(1-NUMA))+1
530 A=1000
535 DIM CAM(A,2),VETO(NOPE)
540 DIM VEAUX(NOPR)
545 DIM MANO(NOPR,12), NOAUX(NOPR,12),PODA1(NOPR,12)
546 MAXPOD=NOPE*LUDEL
547 open "lpt1:" for output as #1
548 PRINT:PRINT:PRINT "****************************************************************************"
549 PRINT:PRINT TAB(25)"NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = ";kont:PRINT
550 PRINT "****************************************************************************":PRINT:PRINT:PRINT
551 PRINT #1,:PRINT #1,"NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = ";kont
553 PRINT :PRINT "NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA NO =";:INPUT NUMA:PRINT
554 PRINT #1,:PRINT #1,"NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO ......................= ";NUMA:PRINT #1,
555 PRINT "PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES =";:INPUT NU:PRINT
556 PRINT #1,"PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES .................= ";NU:PRINT #1,
557 PRINT "PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 =";:INPUT PER:PRINT
558 PRINT #1,"PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 ......................= ";PER:PRINT #1,
559 PRINT "NUMERO MAXIMO DE ITERCOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO =";:INPUT PARADA:PRINT
560 PRINT #1,"NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....= ";PARADA:PRINT #1,
565 close #1
568 IF NUMA<=KONT THEN 585
569 NUMA=KONT : open "lpt1:" for output as #10
570 PRINT#1,:PRINT#1,:PRINT#1,"*** O NUMERO MAXIMO DE EXPANCOES E MAIOR QUE O NUMERO DE COMBINACOES, LOGO SERA USADO ";NUMA;
575 PRINT#1,"COMO NUMERO MAXIMO DE EXPANCAO POR NO ***":PRINT#1,:PRINT#1,:PRINT#1,
580 CLOSE #1
585 FOR W=1 TO NUMA STEP NU
590 PODA1=0:PODA2=0
595 OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
600 PRINT#1,:PRINT#1,"*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO ";W;" EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***":PRINT#1,
605 CLOSE #1
610 REM ...........................................................................................
615 REM *********** GERACAO DAS MATRIZES A PARTIR DO NO INICIAL E ESCOLHA DA DE MENOR CUSTO **********
620 REM ...........................................................................................
625 NOCO=KONT : MIN=LUDEL*NOPE*2 : KABER=-1 : KFECH=0 : F=0 : SNOCO=NOCO
626 if rev=1 then 951
630 OPEN "D:ABERTO" FOR OUTPUT AS #3
635 FOR M=1 TO NOCO
640 Z=M
645 IF M>W THEN 895
650 S=0
655 FOR X=1 TO NOPR
660 MANO(X,1)=X
665 MANO(X,2)=MACOM(Z,X)
670 MANO(X,3)=NUETA(X)
675 IF MANO(X,2)<>0 AND MANO(X,3)=1 THEN 705
680 IF MANO(X,2)<>0 THEN 695
```

```
685 MANO(X,4)=0
690 GOTO 710
695 MANO(X,4)=1
700 GOTO 710
705 MANO(X,4)=3
710 IF MANO(X,4)<>0 THEN 725
715 MANO(X,5)=0
720 GOTO 730
725 MANO(X,5)=1
730 MANO(X,6)=0
735 MANO(X,7)=1
740 MANO(X,8)=Z
745 IF MANO(X,4)<>0 THEN 760
750 MANO(X,9)=0
755 GOTO 770
760 MANO(X,9)=LUCPE(X)
770 S=MANO(X,9)+S
775 MANO(X,10)=S
780 MANO(X,11)=LUDEL-S
790 NEXT X :b=0:gosub 3115
798 REM ..........................................................................................
800 IF MANO(NOPR,12)<MIN THEN 840
805 KABER=KABER+1
810 FOR X=1 TO NOPR
815 FOR Y=1 TO 12
820 PRINT#3, MANO(X,Y)
825 NEXT Y
830 NEXT X
835 GOTO 886
840 F=F+1
845 MIN=MANO(NOPR,12)
850 KABER=KABER+1
855 FOR X=1 TO NOPR
860 FOR Y=1 TO 12
865 IF F=1 THEN 875
870 PRINT#3,  NOAUX(X;Y)
875 NOAUX(X,Y)=MANO(X,Y)
880 NEXT Y
885 NEXT X
886 NEXT M
890 REM ..........................................................................................
895 quant=z-1
900 CLOSE #3
905 OPEN "D:FECHADO" FOR OUTPUT AS #4
910 KFECH=KFECH+1
915 FOR X=1 TO NOPR :qont=0
916 FOR Y=1 TO 12
917 PRINT#4,NOAUX(X,Y)
918 if y>=9 then 928
920 PRINT tab(4*y)NOAUX(X,Y);
925 goto 935
928 qont=qont+1: print tab((5*(y+qont))-8)noaux(x,y);
935 PODA1(X,Y)=NOAUX(X,Y)
940 NEXT Y:PRINT
945 NEXT X:PRINT:PRINT
```

```
950 CLOSE #4
951 if rev=1 then gosub 3300
955 REM ...........................................................................................
960 REM *************** GERACAO DOS VETORES QUE DIRAO QUAIS PROJETOS ESTAO EM ANDAMENTO *************
965 REM ...........................................................................................
970 OPEN "D:ABERTO" FOR APPEND AS #3
975 PASSOU=0 : FUGA=1
980 FOR X=1 TO NOPR
985 IF NOAUX(X,4)=1 OR NOAUX(X,4)=2 THEN 1015
990 IF NOAUX(X,4)=3 OR NOAUX(X,4)=4 THEN 1005
995 VEAUX(X)=0
1000 GOTO 1020
1005 VEAUX(X)=-X
1010 GOTO 1020
1015 VEAUX(X)=X
1020 NEXT X
1025 REM ..........................................................................................
1030 REM ******************** ESCOLHE AS POSSIVEIS COMBINACOES A SEREM EXPANDIDAS ********************
1035 REM ..........................................................................................
1040 FOR A=1 TO NOCO
1045 FOR B=1 TO NOPR
1050 IF VEAUX(B)(0 AND MACOM(A,B)=-VEAUX(B) THEN 1100
1055 IF VEAUX(B)=0 AND MACOM(A,B)()0 THEN 1065
1060 GOTO 1075
1065 L=NOAUX(1,7)
1070 IF (NOPE-L)(NUETA(B) THEN 1100
1075 NEXT B
1080 PASSOU=PASSOU+1
1085 FOR C=1 TO NOPR
1090 MACOM(PASSOU,C)=MACOM(A,C)
1095 NEXT C
1100 NEXT A
1105 NOCO=PASSOU
1110 IF NOCO()0 THEN 1120
1115 GOTO 1785
1120 FOR E=1 TO NOCO
1125 IF FUGA)W THEN 1400
1130 FOR D=1 TO NOPR
1135 IF VEAUX(D)(=0 THEN 1145
1140 IF MACOM(E,D)=0 THEN 1395
1145 NEXT D
1150 REM ..........................................................................................
1155 REM *********************************** GERADOR DE SUCESSORES ***********************************
1160 REM ..........................................................................................
1165 S=0
1170 FUGA=FUGA+1
1175 QUANT=QUANT+1
1180 FOR Z=1 TO NOPR
1185 MANO(Z,1)=Z
1190 MANO(Z,2)=MACOM(E,Z)
1195 MANO(Z,3)=NOAUX(Z,3)
1200 IF NOAUX(Z,4)=3 OR NOAUX(Z,4)=4 THEN 1250
1205 IF MANO(Z,2)=0 THEN 1230
1210 IF NOAUX(Z,4)=0 THEN 1260
1215 IF MANO(Z,3)=(NOAUX(Z,5)+1) THEN 1240
```

```
1220 MANO(Z,4)=2
1225 GOTO 1280
1230 MANO(Z,4)=0
1235 GOTO 1280
1240 MANO(Z,4)=3
1245 GOTO 1280
1250 MANO(Z,4)=4
1255 GOTO 1280
1260 IF MANO(Z,3)<>1 THEN 1275
1265 MANO(Z,4)=3
1270 GOTO  1280
1275 MANO(Z,4)=1
1280 IF MANO(Z,2)=0 THEN 1295
1285 MANO(Z,5)=NOAUX(Z,5)+1
1290 GOTO 1300
1295 MANO(Z,5)=0
1300 MANO(Z,6)=NOAUX(Z,8)
1305 MANO(Z,7)=NOAUX(Z,7)+1
1310 MANO(Z,8)=QUANT
1315 IF MANO(Z,5)<>1 THEN 1335
1320 MANO(Z,9)=((LUCPE(Z)/((1+TMA)^MANO(Z,7)))+.005)*100
1325 MANO(Z,9)=INT(MANO(Z,9))/100
1330 GOTO 1340
1335 MANO(Z,9)=NOAUX(Z,9)
1340 S=MANO(Z,9)+S
1345 MANO(Z,10)=S
1350 MANO(Z,11)=MANO(Z,7)*LUDEL-S
1360 NEXT Z
1362 B=0 : GOSUB 3115
1365 KABER=KABER+1
1370 FOR X=1 TO NOPR
1375 FOR Y=1 TO 12
1380 PRINT#3,MANO(X,Y)
1385 NEXT Y
1390 NEXT X
1395 NEXT E
1400 CLOSE #3
1405 REM ......................................................................................
1410 REM ******************* ESCOLHA DOS NOS DE MINIMO CUSTO (PAIS) DA LISTA ABERTA *******************
1415 REM ......................................................................................
1420 OPEN "D:ABERTO" FOR INPUT AS #3
1425 OPEN "D:AUXABER" FOR OUTPUT AS #5
1430 MIN=NOPE*LUDEL : J=0
1435 M=KABER
1440 FOR R=1 TO M
1445 K=1
1450 FOR X=1 TO NOPR
1455 FOR Y=1 TO 12
1460 INPUT #3,MANO(X,Y)
1465 NEXT Y
1470 NEXT X
1475 GOSUB 2715
1480 B=1 : GOSUB 3115
1485 IF K=1 THEN 1495
1490 GOTO 1575
```

```
1495 IF MANO(NOPR,12)>MIN THEN 1550
1500 J=J+1
1505 MIN=MANO(NOPR,12)
1510 FOR X=1 TO NOPR
1515 FOR Y=1 TO 12
1520 IF J=1 THEN 1530
1525 PRINT#5, NOAUX(X,Y)
1530 NOAUX(X,Y)=MANO(X,Y)
1535 NEXT Y
1540 NEXT X
1545 GOTO 1575
1550 FOR X=1 TO NOPR
1555 FOR Y=1 TO 12
1560 PRINT#5,MANO(X,Y)
1565 NEXT Y
1570 NEXT X
1575 NEXT R
1576 CLOSE #3: CLOSE #5
1577 IF KABER<>0 THEN 1590
1578 repa=repa+1
1579 for x=1 to noco
1581 for y=1 to nopr
1583 macom(x,y)=smacom(x,y)
1584 next y:next x
1586 OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1 :PRINT #1,
1587 PRINT #1,"NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE  ";(INT((MAXPOD+0.005)*100))/100:PRINT #1,
1588 GOTO 2128
1590 OPEN "D:FECHADO" FOR APPEND AS #4
1595 FOR X=1 TO NOPR :qont=0
1600 FOR Y=1 TO 12
1605 PRINT#4,NOAUX(X,Y)
1615 PODA1(X,Y)=NOAUX(X,Y)
1616 if y>=9 then 1619
1617 print tab(4*y) noaux(x,y);
1618 goto 1620
1619 qont=qont+1: print tab((5*(y+qont))-8) noaux(x,y);
1620 NEXT Y :PRINT
1625 NEXT X : PRINT
1630 CLOSE #4
1635 KABER=KABER-1
1640 KFECH=KFECH+1
1645 IF NOAUX(1,7)=NOPE THEN 1915
1650 PRINT "1650 KABER =";KABER
1655 IF KABER<>0 THEN 1675
1660 OPEN "D:ABERTO" FOR OUTPUT AS #3
1665 CLOSE #3
1670 GOTO 1735
1675 OPEN "D:ABERTO" FOR OUTPUT AS #3
1680 OPEN "D:AUXABER" FOR INPUT AS #5
1685 FOR R=1 TO KABER
1690 FOR X= 1 TO NOPR
1695 FOR Y= 1 TO 12
1700 INPUT #5,LER
1705 PRINT#3,LER
1710 NEXT Y
```

```
1715 NEXT X
1720 NEXT R
1725 CLOSE #3
1730 CLOSE #5
1735 NOCO=SNOCO
1740 FOR X=1 TO NOCO
1745 FOR Y=1 TO NOPR
1750 MACOM(X,Y)=SMACOM(X,Y)
1755 NEXT Y
1760 NEXT X
1765 GOTO 970
1770 REM ..........................................................................................
1775 REM ********************** COPIADOR DOS NOS PAIS QUE NAO PODEM TER FILHOS **********************
1780 REM ..........................................................................................
1785 QUANT=QUANT+1
1790 FOR Z=1 TO NOPR
1795 MANO(Z,1)=NOAUX(Z,1)
1800 MANO(Z,2)=0 : MANO(Z,3)=NOAUX(Z,3)
1805 IF NOAUX(Z,4)=3 THEN 1820
1810 MANO(Z,4)=NOAUX(Z,4)
1815 GOTO 1825
1820 MANO(Z,4)=4
1825 MANO(Z,5)=0
1830 MANO(Z,6)=NOAUX(Z,8)
1835 MANO(Z,7)=NOAUX(Z,7)+1
1840 MANO(Z,8)=QUANT
1845 MANO(Z,9)=NOAUX(Z,9)
1850 MANO(Z,10)=NOAUX(Z,10)
1855 MANO(Z,11)=NOAUX(Z,11)+LUDEL
1865 NEXT Z
1868 B=0 : GOSUB 3115
1870 KABER=KABER+1
1875 PRINT"1875 KABER =";KABER
1880 FOR X=1 TO NOPR
1885 FOR Y=1  TO 12
1890 PRINT#3, MANO(X,Y)
1895 NEXT Y
1900 NEXT X
1905 CLOSE #3
1910 GOTO 1420
1911 REM ..........................................................................................
1912 REM ****************************** RECONSTITUIáAO DO CAMINHO OTIMO ******************************
1913 REM ..........................................................................................
1915 for x=1 to noco
1917 for y=1 to nopr
1919 macom(x,y)=smacom(x,y)
1921 next y
1923 next x
1925 repa=0
1930 OPEN "D:FECHADO" FOR INPUT AS #4
1935 FOR Z=1 TO KFECH
1940 FOR X=1 TO NOPR
1945 FOR Y=1 TO 12
1950 INPUT #4,NOAUX(X,Y)
1955 NEXT Y
```

```
1960 NEXT X
1965 CAM(Z,1)=NOAUX(1,6)
1970 CAM(Z,2)=NOAUX(1,8)
1975 NEXT Z
1980 CLOSE #4
1985 VETO(NOPE)=CAM(KFECH,2) : PAI=CAM(KFECH,1) : N=NOPE
1990 A=KFECH-1
1995 FOR I=A TO 1 STEP -1
2000 IF PAI<>CAM(I,2) THEN 2020
2005 N=N-1
2010 VETO(N)=CAM(I,2)
2015 PAI=CAM(I,1)
2020 NEXT I
2025 OPEN "D:FECHADO" FOR INPUT AS #4
2030 OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
2035 I=1
2040 FOR Z=1 TO KFECH
2045 FOR X=1 TO NOPR
2050 FOR Y=1 TO 12
2055 INPUT #4,MANO(X,Y)
2060 NEXT Y
2065 NEXT X
2070 IF MANO(1,8)<>VETO(I) THEN 2120
2075 PRINT "MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO =";I; :PRINT
2080 PRINT #1,"MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO ";I : PRINT#1,
2085 FOR X=1 TO NOPR
2087 QONT=0
2090 FOR Y=1 TO 12
2095 IF Y>=9 THEN 2102
2097 print tab(4*y) mano(x,y);
2100 PRINT #1,tab(4*y) MANO(X,Y);
2101 GOTO 2105
2102 QONT=QONT+1: print tab((5*(y+qont))-8) mano(x,y);
2103 PRINT #1,TAB((5*(Y+QONT))-8) MANO(X,Y);
2105 NEXT Y:PRINT:PRINT#1,
2110 NEXT X:PRINT:PRINT:PRINT#1,:PRINT#1,
2115 I=I+1
2120 NEXT Z
2125 close #4
2126 maxpod=mano(nopr,11)*per
2128 print #1,:print #1,
2129 print #1,"total de nos ..........= ";poda1+poda2+kaber+kfech
2130 PRINT #1,"PODA1 .................= ";PODA1
2131 print #1,"PODA2 .................= ";PODA2
2132 print #1,"no aberto .............= ";kaber
2133 print #1,"no fechado ............= ";kfech
2134 print #1,"hora ..................= ";time$:print #1,:print #1,
2135 if repa<>parada then 2140
2136 Print #1,:print #1,"NAO FOI ENCONTRADO UMA SOLUCAO MELHOR APOS ";REPA;" ITERACOES CONSECUTIVAS"
2137 GOTO 2150
2140 CLOSE #1
2145 NEXT W
2150 cls
2155 print:print:print:print:print "****************************************************************************"
2160 print:print TAB(14)"CASO VOCE QUEIRA RODAR NOVAMENTE O PROGRAMA, MUDANDO"
```

```
2165 print TAB(14)"   A ITERACAO, O PASSO OU A PERCENTAGEM, TECLE  1 ":print
2170 print "**************************************************************************"
2175 print :print:print:print:print tab(8)"............tecle 0 para PARAR ou 1 para CONTINUAR............";:input roda
2180 if roda=0 then end
2185 open "d:fechado" for output as #4:close #4
2190 cls
2200 goto 546
2505 REM ***SUBROTINA PARA COLOCAR A MACOM EM ORDEM DECRESCENTE DE LUCRO ******
2510 REM .................................................................
2515 J=KONT : P=NOPR+1
2520 FOR M=1 TO (KONT+1)
2525 J=J-1
2530 FOR I=1 TO J
2535 IF MACOM(I,P)>MACOM(I+1,P) THEN 2560
2540 FOR Z=1 TO P
2545 VET(Z)=MACOM(I,Z) : MACOM(I,Z)=MACOM(I+1,Z)
2550 MACOM(I+1,Z)=VET(Z)
2555 NEXT Z
2560 NEXT I
2565 NEXT M
2570 RETURN
2700 REM ..............................................................................................
2705 REM ********************** PODA DOS NOS IDENTICOS AOS QUE JA FORAM FECHADOS **********************
2710 REM ..............................................................................................
2715 IF KABER =1 THEN 2755
2720 FOR X=1 TO NOPR
2725 IF MANO(X,4)=PODA1(X,4) AND MANO(X,5)=PODA1(X,5) THEN 2735
2730 GOTO 2755
2735 NEXT X
2740 PODA1=PODA1+1
2745 KABER=KABER-1 : K=0
2750 PRINT"PODA1 =";PODA1;"     KABER =";KABER;"    MATRIZ =";MANO(1,8)
2755 RETURN
2900 REM ..............................................................................................
2905 REM ******************************** SALVA MATRIZ COMBINAáAO INICIAL *****************************
2910 REM ..............................................................................................
2915 FOR X=1 TO NOCO
2920 FOR Y=1 TO NOPR
2925 MACOM(X,Y)=SMACOM(X,Y)
2930 NEXT Y
2935 NEXT X
2940 RETURN
3100 REM ..............................................................................................
3105 REM ************** SUBROTINA PODA2 - ELIMINA OS NOS MAIS CAROS QUE OS NOS FECHADOS ***************
3110 REM ..............................................................................................
3115 MINPOD=MANO(NOPR,11)+LUDEL*(NOPE-MANO(1,7))
3120 FOR X=1 TO NOPR
3125 IF MANO(X,4)<>0 THEN 3155
3135 IF (NOPE-MANO(X,7))<NUETA(X) THEN 3155
3140 MINPOD=MINPOD-LUCPE(X)/((1+TMA)^MANO(X,7))
3155 MANO(X,12)=(INT((MINPOD+0.005)*100))/100 : NEXT X
3157 IF B=0 THEN RETURN
3160 IF MINPOD<=MAXPOD THEN RETURN
3165 PODA2=PODA2+1
3170 KABER=KABER-1
```

```
3175 K=0
3180 PRINT"MAXPOD =";MAXPOD
3185 PRINT"PODA2 = ";PODA2;"        MATRIZ = ";MANO(1,8);"     KABER =";KABER
3190 PRINT"MINPOD = ";MINPOD;"      PERIODO =";MANO(1,7);"     CUSTO =";MANO(NOPR,11)
3210 RETURN
3300 rem ........................................................................................
3305 rem *********************** SUBROTINA GERADORA DO NO INICIAL (revisao) ************************
3310 rem ........................................................................................
3313 kaber=0:quant=0 :open "d:aberto" for output as #3:close #3
3314 OPEN "D:FECHADO" FOR OUTPUT AS #4 :close #4
3315 for x=1 to nopr
3320 noaux(x,1)=x
3325 noaux(x,2)=dado1(x)
3330 IF NOAUX(X,2) <>0 THEN 3338
3334 NOAUX(X,3)=NUETA(X)
3336 GOTO 3340
3338 noaux(x,3)=dado2(x)
3340 if noaux(x,2)<>0 then 3355
3345 noaux(x,4)=0
3350 goto 3375
3355 noaux(x,4)=2
3375 noaux(x,5)=0
3390 noaux(x,6)=0
3395 noaux(x,7)=0
3400 noaux(x,8)=0
3405 noaux(x,9)=0
3410 noaux(x,10)=0
3415 noaux(x,11)=0
3420 noaux(x,12)=0
3425 next x
3430 return
3500 rem ........................................................................................
3505 rem *********************** SUBROTINA PARA A ENTRADA DE DADOS DA REVISAO ***********************
3510 rem ........................................................................................
3515 print:print:print #1,:print #1,
3519 PRINT "*****************************************************************************":PRINT
3520 print "SE O PROJETO ESTA EM  ANDAMENTO  TECLE O SEU  NUMERO DE ORDEM,  SENAO  TECLE 0 ":print
3521 PRINT "*****************************************************************************"
3525 print #1,"SE O PROJETO ESTA EM ANDAMENTO TECLE O SEU NUMERO DE ORDEM, SENAO TECLE 0 "
3530 PRINT:PRINT:PRINT #1,:PRINT #1,
3545 FOR X=1 TO NOPR
3550 PRINT "PROJETO ";X;" = ";:INPUT DADO1(X):PRINT
3560 PRINT #1,"PROJETO ";X;TAB(13) "........................................ = ";DADO1(x):PRINT #1,
3562 if dado1(x)<>0 then lucpe(x)=0
3565 NEXT X
3570 PRINT :PRINT:PRINT #1,:PRINT #1,
3575 PRINT "SE O PROJETO NAO ESTA EM ANDAMENTO TECLE 0"
3580 PRINT #1,"SE O PROJETO NAO ESTA EM ANDAMENTO TECLE 0
3585 PRINT:PRINT:PRINT#1,:PRINT#1,:
3590 FOR X=1 TO NOPR
3595 PRINT "NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO ";X; "= ";:INPUT DADO2(X):PRINT
3600 PRINT #1,"NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO ";X;TAB(47)" ........ = ";DADO2(X):PRINT #1,
3605 NEXT X
3610 RETURN
```

ANEXO B

TAXA DE MINIMA ATRATIVIDADE (TMA) ....= .2

MONTANTE DISPONIVEL NO PERIODO ....= 10

TOTAL DE HOMENS-HORA DISPONIVEIS POR PERIODO ....= 10

NUMERO DE PROJETOS ....= 10

NUMERO DE PERIODOS ....= 6

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 1 ....= 1

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 1 ....= 2

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 1 ....= 5

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 1 ....= 6

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 2 ....= 2

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 2 ....= 4

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 2 ....= 10

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 2 ....= 3

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 3 ....= 5

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 3 ....= 8

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 3 ....= 3

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 3 ....= 7

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 4 ....= 4

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 4 ....= 0

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 4 ....= 8

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 4 ....= 8

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 5 ....= 5

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 5 ....= 4

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 5 ....= 1

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 5 ....= 2

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 6 ....= 6

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 6 ....= 7

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 6 ....= 3

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 6 ....= 8

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 7 ....= 2

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 7 ....= 2

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 7 ....= 10

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 7 ....= 6

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 8 ....= 4

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 8 ....= 6

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 8 ....= 9

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 8 ....= 4

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 9 ....= 2

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 9 ....= 0

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 9 ....= 7

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 9 ....= 6

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 10 ....= 1

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 10 ....= 5

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 10 ....= 12

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 10 ....= 4

SE ESTA ETAPA E UMA REVISAO TECLE 1, SENAO TECLE 0 0

hora de inicio = 01:16:32

MATRIZ DAS POSSIVEIS COMBINACOES

0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	7	0	0	10
0	2	0	0	0	0	7	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	9	10
0	0	0	0	0	0	7	8	0	0
0	2	0	0	0	0	0	8	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	9	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	10

0	0	0	0	0	0	0	8	9	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
0	2	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	5	0	7	0	0	0
0	0	0	0	5	0	0	8	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	4	5	0	0	0	0	0
0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	9	0
0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
1	0	0	0	5	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

01:17:41

NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = 28

NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO ....= 28

PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES ....= 27

PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 ....= 1

NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....= 2

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 1
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	22	105.83
2	2	2	1	1	0	1	1	10	10	12	105.83
3	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	103.33
4	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	96.67
5	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
6	0	6	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
7	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	87.5
8	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	80
9	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	74.17
10	10	1	3	1	0	1	1	12	22	0	74.17

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	0	1	0	0	1	2	2	0	0	44	99.59
2	2	2	3	2	1	2	2	10	10	34	99.59
3	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	99.59
4	0	4	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
5	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
6	0	6	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
7	7	2	1	1	1	2	2	6.94	16.94	27.06	94.03
8	0	4	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	87.78
9	0	2	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	82.92
10	0	1	4	0	1	2	2	12	28.94	15.06	82.92

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	0	1	0	0	2	3	3	0	0	66	94.96
2	0	2	4	0	2	3	3	10	10	56	94.96
3	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
4	0	4	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
5	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
6	0	6	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
7	7	2	3	2	2	3	3	6.94	16.94	49.06	94.96
8	8	4	1	1	2	3	3	5.21	22.15	43.85	94.96
9	0	2	0	0	2	3	3	0	22.15	43.85	90.91
10	0	1	4	0	2	3	3	12	34.15	31.85	90.91

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	0	1	0	0	3	4	4	0	0	88	92.06
2	0	2	4	0	3	4	4	10	10	78	92.06
3	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
4	0	4	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
5	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
6	0	6	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
7	0	2	4	0	3	4	4	6.94	16.94	71.06	92.06
8	8	4	2	2	3	4	4	5.21	22.15	65.85	92.06
9	9	2	1	1	3	4	4	3.38	25.53	62.47	92.06
10	0	1	4	0	3	4	4	12	37.53	50.47	92.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	0	1	0	0	4	5	5	0	0	110	92.46
2	0	2	4	0	4	5	5	10	10	100	92.46
3	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
4	0	4	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
5	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
6	0	6	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
7	0	2	4	0	4	5	5	6.94	16.94	93.06	92.46
8	8	4	2	3	4	5	5	5.21	22.15	87.85	92.46
9	9	2	3	2	4	5	5	3.38	25.53	84.47	92.46
10	0	1	4	0	4	5	5	12	37.53	72.47	92.46

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	1	1	3	1	5	6	6	1.67	1.67	130.33	92.8
2	0	2	4	0	5	6	6	10	11.67	120.33	92.8
3	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
4	0	4	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
5	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
6	0	6	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
7	0	2	4	0	5	6	6	6.94	18.61	113.39	92.8
8	8	4	3	4	5	6	6	5.21	23.82	108.18	92.8
9	0	2	4	0	5	6	6	3.38	27.2	104.8	92.8
10	0	1	4	0	5	6	6	12	39.2	92.8	92.8

total de nos ....= 6
PODA1 ....= 0
PODA2 ....= 0
no aberto ....= 0
no fechado ....= 6
hora ....= 01:18:53

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 28 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	0	1	0	0	0	1	2	0	0	22	105.83
2	0	2	0	0	0	1	2	0	0	22	97.5
3	0	5	0	0	0	1	2	0	0	22	95
4	0	4	0	0	0	1	2	0	0	22	88.33
5	0	5	0	0	0	1	2	0	0	22	87.5
6	0	6	0	0	0	1	2	0	0	22	87.5
7	7	2	1	1	0	1	2	10	10	12	87.5
8	0	4	0	0	0	1	2	0	10	12	80
9	0	2	0	0	0	1	2	0	10	12	74.17
10	10	1	3	1	0	1	2	12	22	0	74.17

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	0	1	0	0	2	2	34	0	0	44	99.59
2	2	2	1	1	2	2	34	6.94	6.94	37.06	99.59
3	0	5	0	0	2	2	34	0	6.94	37.06	99.59
4	0	4	0	0	2	2	34	0	6.94	37.06	94.03
5	0	5	0	0	2	2	34	0	6.94	37.06	94.03
6	0	6	0	0	2	2	34	0	6.94	37.06	94.03
7	7	2	3	2	2	2	34	10	16.94	27.06	94.03
8	0	4	0	0	2	2	34	0	16.94	27.06	87.78
9	0	2	0	0	2	2	34	0	16.94	27.06	82.92
10	0	1	4	0	2	2	34	12	28.94	15.06	82.92

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	0	1	0	0	34	3	199	0	0	66	94.96
2	2	2	3	2	34	3	199	6.94	6.94	59.06	94.96
3	0	5	0	0	34	3	199	0	6.94	59.06	94.96
4	0	4	0	0	34	3	199	0	6.94	59.06	94.96
5	0	5	0	0	34	3	199	0	6.94	59.06	94.96
6	0	6	0	0	34	3	199	0	6.94	59.06	94.96
7	0	2	4	0	34	3	199	10	16.94	49.06	94.96
8	8	4	1	1	34	3	199	5.21	22.15	43.85	94.96
9	0	2	0	0	34	3	199	0	22.15	43.85	90.91
10	0	1	4	0	34	3	199	12	34.15	31.85	90.91

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	1	1	3	1	199	4	702	2.41	2.41	85.59	95.44
2	0	2	4	0	199	4	702	6.94	9.35	78.65	95.44
3	0	5	0	0	199	4	702	0	9.35	78.65	95.44
4	0	4	0	0	199	4	702	0	9.35	78.65	95.44
5	0	5	0	0	199	4	702	0	9.35	78.65	95.44
6	0	6	0	0	199	4	702	0	9.35	78.65	95.44
7	0	2	4	0	199	4	702	10	19.35	68.65	95.44
8	8	4	2	2	199	4	702	5.21	24.56	63.44	95.44
9	0	2	0	0	199	4	702	0	24.56	63.44	92.06
10	0	1	4	0	199	4	702	12	36.56	51.44	92.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	0	1	4	0	702	5	743	2.41	2.41	107.59	92.63
2	0	2	4	0	702	5	743	6.94	9.35	100.65	92.63
3	0	5	0	0	702	5	743	0	9.35	100.65	92.63
4	0	4	0	0	702	5	743	0	9.35	100.65	92.63
5	0	5	0	0	702	5	743	0	9.35	100.65	92.63
6	0	6	0	0	702	5	743	0	9.35	100.65	92.63
7	0	2	4	0	702	5	743	10	19.35	90.65	92.63
8	8	4	2	3	702	5	743	5.21	24.56	85.44	92.63
9	9	2	1	1	702	5	743	2.81	27.37	82.63	92.63
10	0	1	4	0	702	5	743	12	39.37	70.63	92.63

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	0	1	4	0	743	6	799	2.41	2.41	129.59	92.63
2	0	2	4	0	743	6	799	6.94	9.35	122.65	92.63
3	0	5	0	0	743	6	799	0	9.35	122.65	92.63
4	0	4	0	0	743	6	799	0	9.35	122.65	92.63
5	0	5	0	0	743	6	799	0	9.35	122.65	92.63
6	0	6	0	0	743	6	799	0	9.35	122.65	92.63
7	0	2	4	0	743	6	799	10	19.35	112.65	92.63
8	8	4	3	4	743	6	799	5.21	24.56	107.44	92.63
9	9	2	3	2	743	6	799	2.81	27.37	104.63	92.63
10	0	1	4	0	743	6	799	12	39.37	92.63	92.63

```
total de nos ..........=  800
PODA1 .................=  4
PODA2 .................=  563
no aberto .............=  13
no fechado ............=  220
hora ..................= 09:38:41
```

00:29:28

NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = 28

NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO ....= 15

PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES ....= 1

PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 ....= .9

NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....= 5

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 1
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	22	105.83
2	2	2	1	1	0	1	1	10	10	12	105.83
3	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	103.33
4	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	96.67
5	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
6	0	6	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
7	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	87.5
8	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	80
9	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	74.17
10	10	1	3	1	0	1	1	12	22	0	74.17

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	0	1	0	0	1	2	2	0	0	44	99.59
2	2	2	3	2	1	2	2	10	10	34	99.59
3	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	99.59
4	0	4	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
5	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
6	0	6	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
7	7	2	1	1	1	2	2	6.94	16.94	27.06	94.03
8	0	4	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	87.78
9	0	2	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	82.92
10	0	1	4	0	1	2	2	12	28.94	15.06	82.92

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	0	1	0	0	2	3	3	0	0	66	94.96
2	0	2	4	0	2	3	3	10	10	56	94.96
3	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
4	0	4	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
5	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
6	0	6	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
7	7	2	3	2	2	3	3	6.94	16.94	49.06	94.96
8	8	4	1	1	2	3	3	5.21	22.15	43.85	94.96
9	0	2	0	0	2	3	3	0	22.15	43.85	90.91
10	0	1	4	0	2	3	3	12	34.15	31.85	90.91

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	0	1	0	0	3	4	4	0	0	88	92.06
2	0	2	4	0	3	4	4	10	10	78	92.06
3	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
4	0	4	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
5	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
6	0	6	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
7	0	2	4	0	3	4	4	6.94	16.94	71.06	92.06
8	8	4	2	2	3	4	4	5.21	22.15	65.85	92.06
9	9	2	1	1	3	4	4	3.38	25.53	62.47	92.06
10	0	1	4	0	3	4	4	12	37.53	50.47	92.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	0	1	0	0	4	5	5	0	0	110	92.46
2	0	2	4	0	4	5	5	10	10	100	92.46
3	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
4	0	4	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
5	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
6	0	6	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
7	0	2	4	0	4	5	5	6.94	16.94	93.06	92.46
8	8	4	2	3	4	5	5	5.21	22.15	87.85	92.46
9	9	2	3	2	4	5	5	3.38	25.53	84.47	92.46
10	0	1	4	0	4	5	5	12	37.53	72.47	92.46

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	1	1	3	1	5	6	6	1.67	1.67	130.33	92.8
2	0	2	4	0	5	6	6	10	11.67	120.33	92.8
3	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
4	0	4	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
5	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
6	0	6	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
7	0	2	4	0	5	6	6	6.94	18.61	113.39	92.8
8	8	4	3	4	5	6	6	5.21	23.82	108.18	92.8
9	0	2	4	0	5	6	6	3.38	27.2	104.8	92.8
10	0	1	4	0	5	6	6	12	39.2	92.8	92.8

total de nos ....= 6
PODA1 ....= 0
PODA2 ....= 0
no aberto ....= 0
no fechado ....= 6
hora ....= 00:31:00

```
*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  2
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   83.52

total de nos ..........=  14
PODA1 ................=  0
PODA2 ................=  8
no aberto ............=  0
no fechado ...........=  6
hora .................= 00:31:49

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  3
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   83.52

total de nos ..........=  26
PODA1 ................=  0
PODA2 ................=  17
no aberto ............=  0
no fechado ...........=  9
hora .................= 00:33:28

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  4
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   83.52

total de nos ..........=  49
PODA1 ................=  0
PODA2 ................=  36
no aberto ............=  0
no fechado ...........=  13
hora .................= 00:36:39
```

```
*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  5
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   83.52


total de nos ..........=  61
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  46
no aberto .............=  0
no fechado ............=  15
hora ..................= 00:40:47


*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  6
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   83.52


total de nos ..........=  75
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  58
no aberto .............=  0
no fechado ............=  17
hora ..................= 00:46:01


NAO FOI ENCONTRADO UMA SOLUCAO MELHOR APOS  5  ITERACOES CONSECUTIVAS

NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES =  28

NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO .......................=  28

PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES ..................=  27

PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 .......................=  .9

NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....=  2
```

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 1 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	22	105.83
2	2	2	1	1	0	1	1	10	10	12	105.83
3	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	103.33
4	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	96.67
5	0	5	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
6	0	6	0	0	0	1	1	0	10	12	95.83
7	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	87.5
8	0	4	0	0	0	1	1	0	10	12	80
9	0	2	0	0	0	1	1	0	10	12	74.17
10	10	1	3	1	0	1	1	12	22	0	74.17

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	0	1	0	0	1	2	2	0	0	44	99.59
2	2	2	3	2	1	2	2	10	10	34	99.59
3	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	99.59
4	0	4	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
5	0	5	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
6	0	6	0	0	1	2	2	0	10	34	94.03
7	7	2	1	1	1	2	2	6.94	16.94	27.06	94.03
8	0	4	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	87.78
9	0	2	0	0	1	2	2	0	16.94	27.06	82.92
10	0	1	4	0	1	2	2	12	28.94	15.06	82.92

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	0	1	0	0	2	3	3	0	0	66	94.96
2	0	2	4	0	2	3	3	10	10	56	94.96
3	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
4	0	4	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
5	0	5	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
6	0	6	0	0	2	3	3	0	10	56	94.96
7	7	2	3	2	2	3	3	6.94	16.94	49.06	94.96
8	8	4	1	1	2	3	3	5.21	22.15	43.85	94.96
9	0	2	0	0	2	3	3	0	22.15	43.85	90.91
10	0	1	4	0	2	3	3	12	34.15	31.85	90.91

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	0	1	0	0	3	4	4	0	0	88	92.06
2	0	2	4	0	3	4	4	10	10	78	92.06
3	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
4	0	4	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
5	0	5	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
6	0	6	0	0	3	4	4	0	10	78	92.06
7	0	2	4	0	3	4	4	6.94	16.94	71.06	92.06
8	8	4	2	2	3	4	4	5.21	22.15	65.85	92.06
9	9	2	1	1	3	4	4	3.38	25.53	62.47	92.06
10	0	1	4	0	3	4	4	12	37.53	50.47	92.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	0	1	0	0	4	5	5	0	0	110	92.46
2	0	2	4	0	4	5	5	10	10	100	92.46
3	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
4	0	4	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
5	0	5	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
6	0	6	0	0	4	5	5	0	10	100	92.46
7	0	2	4	0	4	5	5	6.94	16.94	93.06	92.46
8	8	4	2	3	4	5	5	5.21	22.15	87.85	92.46
9	9	2	3	2	4	5	5	3.38	25.53	84.47	92.46
10	0	1	4	0	4	5	5	12	37.53	72.47	92.46

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	1	1	3	1	5	6	6	1.67	1.67	130.33	92.8
2	0	2	4	0	5	6	6	10	11.67	120.33	92.8
3	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
4	0	4	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
5	0	5	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
6	0	6	0	0	5	6	6	0	11.67	120.33	92.8
7	0	2	4	0	5	6	6	6.94	18.61	113.39	92.8
8	8	4	3	4	5	6	6	5.21	23.82	108.18	92.8
9	0	2	4	0	5	6	6	3.38	27.2	104.8	92.8
10	0	1	4	0	5	6	6	12	39.2	92.8	92.8

```
total de nos ..........=  6
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  0
no aberto .............=  0
no fechado ............=  6
hora ..................= 00:47:33
```

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 28
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE 83.52

```
total de nos ..........=  231
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  191
no aberto .............=  0
no fechado ............=  40
hora ..................= 01:11:52
```

A N E X O C

TAXA DE MINIMA ATRATIVIDADE (TMA) ....= .05

MONTANTE DISPONIVEL NO PERIODO ....= 100

TOTAL DE HOMENS-HORA DISPONIVEIS POR PERIODO ....= 100

NUMERO DE PROJETOS ....= 10

NUMERO DE PERIODOS ....= 6

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 1 ....= 6

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 1 ....= 10

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 1 ....= 100

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 1 ....= 90

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 2 ....= 3

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 2 ....= 20

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 2 ....= 60

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 2 ....= 60

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 3 ....= 3

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 3 ....= 30

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 3 ....= 65

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 3 ....= 50

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 4 ....= 2

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 4 ....= 50

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 4 ....= 5

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 4 ....= 30

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 5 ....= 5

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 5 ....= 50

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 5 ....= 10

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 5 ....= 20

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 6 ....= 2

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 6 ....= 0

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 6 ....= 5

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 6 ....= 10

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 7 ....= 3

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 7 ....= 30

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 7 ....= 20

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 7 ....= 30

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 8 ....= 4

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 8 ....= 40

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 8 ....= 2

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 8 ....= 10

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 9 ....= 1

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 9 ....= 10

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 9 ....= 10

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 9 ....= 60

NUMERO DE ETAPAS DO PROJETO 10 ....= 1

NUMERO DE HOMENS-HORA, POR PERIODO, DO PROJETO 10 ....= 10

LUCRO DO PROJETO NA IMPLANTACAO 10 ....= 1

CUSTO NO PERIODO DO PROJETO 10 ....= 10

SE ESTA ETAPA E UMA REVISAO TECLE 1, SENAO TECLE 0 1

SE O PROJETO ESTA EM ANDAMENTO TECLE O SEU NUMERO DE ORDEM, SENAO TECLE 0

PROJETO 1 .... = 0

PROJETO 2 .... = 0

PROJETO 3 .... = 0

PROJETO 4 .... = 0

PROJETO 5 .... = 0

PROJETO 6 .... = 0

PROJETO 7 .... = 0

PROJETO 8 .... = 8

PROJETO 9 .... = 0

PROJETO 10 .... = 0

SE O PROJETO NAO ESTA EM ANDAMENTO TECLE 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 1 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 2 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 3 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 4 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 5 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 6 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 7 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 8 .... = 1

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 9 .... = 0

NUMERO DE ETAPAS FALTANTES PARA O PROJETO 10 .... = 0

hora de inicio = 23:09:01

MATRIZ DAS POSSIVEIS COMBINACOES

1	0	0	0	0	6	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	3	0	0	6	7	0	0	10
0	0	3	0	0	6	7	0	0	0
0	0	3	0	0	6	7	8	0	0
0	0	3	0	0	0	7	0	0	10
0	0	3	0	0	0	7	0	0	0

0	0	3	0	0	0	7	8	0	0
0	2	0	0	0	6	7	0	0	0
0	2	0	0	0	0	7	0	0	10
0	0	3	0	5	6	0	0	0	10
0	2	0	0	0	0	7	0	0	0
0	2	0	0	0	0	7	8	0	0
0	0	3	0	5	6	0	0	0	0
0	2	0	0	5	6	0	0	0	10
0	0	3	0	5	0	0	0	0	10
0	0	3	4	0	6	0	0	0	10
0	2	0	0	5	6	0	0	0	0
0	0	3	0	5	0	0	0	0	0
0	0	3	4	0	6	0	0	0	0
0	0	3	4	0	0	0	0	0	10
0	0	3	0	0	6	0	8	0	10
0	2	0	0	5	0	0	0	0	10
0	0	3	0	0	6	0	0	0	10
0	2	0	4	0	6	0	0	0	0
0	2	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	6	0	0	0	0
0	0	3	0	0	6	0	8	0	0
0	0	3	4	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	6	0	0	0	10
0	2	0	4	0	0	0	0	0	10
0	0	3	0	0	0	0	8	0	10
0	2	0	0	0	6	0	8	0	10
0	0	3	0	0	0	0	0	0	10
0	2	0	0	0	6	0	8	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	8	0	0
0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	6	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
0	2	0	0	0	0	0	8	0	10
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	5	6	7	0	0	10
0	0	0	0	5	6	7	0	0	0
0	0	0	0	0	6	7	0	9	0
0	0	0	0	0	0	7	0	9	10
0	0	0	4	0	6	7	0	0	10
0	0	0	0	5	0	7	0	0	10
0	0	0	0	0	0	7	0	9	0
0	0	0	0	5	0	7	0	0	0
0	0	0	0	0	0	7	8	9	0
0	0	0	4	0	6	7	0	0	0
0	0	0	4	0	0	7	0	0	10
0	0	0	0	0	6	7	0	0	10
0	0	0	0	5	6	0	0	9	10
0	0	0	0	0	6	7	8	0	10
0	0	0	0	5	6	0	0	9	0
0	0	0	0	0	6	7	8	0	0
0	0	0	0	5	6	0	8	9	0
0	0	0	4	0	0	7	0	0	0

0	0	0	0	0	6	7	0	0	0
0	0	0	0	0	0	7	0	0	10
0	0	0	0	0	0	7	8	0	10
0	0	0	0	5	0	0	0	9	10
0	0	0	4	5	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
0	0	0	4	0	6	0	0	9	0
0	0	0	0	5	0	0	0	9	0
0	0	0	0	0	0	7	8	0	0
0	0	0	0	5	0	0	8	9	0
0	0	0	0	5	6	0	8	0	10
0	0	0	0	0	6	0	8	9	10
0	0	0	4	0	0	0	0	9	10
0	0	0	0	5	6	0	0	0	10
0	0	0	0	0	6	0	0	9	10
0	0	0	4	0	0	0	8	9	0
0	0	0	4	0	0	0	0	9	0
0	0	0	4	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	0	9	0
0	0	0	0	0	6	0	8	9	0
0	0	0	0	5	6	0	0	0	0
0	0	0	0	5	6	0	8	0	0
0	0	0	0	5	0	0	8	0	10
0	0	0	0	5	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	8	9	10
0	0	0	4	0	6	0	0	0	10
0	0	0	4	0	6	0	8	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	9	10
0	0	0	0	5	0	0	8	0	0
0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	8	9	0
0	0	0	4	0	6	0	0	0	0
0	0	0	4	0	6	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
0	0	0	0	0	6	0	8	0	10
0	0	0	4	0	0	0	8	0	10
0	0	0	4	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	6	0	0	0	10
0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
0	0	0	0	0	6	0	8	0	0
0	0	0	4	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	0	0	0	8	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	8	0	0

23:13:03

NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = 108

NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO ....= 11

PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES ....= 2

PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 ....= .9

NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....= 3

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 1
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODQ 1

1	1	6	1	1	0	1	1	95.24	95.24	9.760002	534.76
2	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	477.62
3	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	415.71
4	0	2	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	410.95
5	0	5	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	401.43
6	0	2	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	396.66
7	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	377.62
8	8	1	3	1	0	1	1	0	95.24	9.760002	377.62
9	0	1	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	368.09
10	0	1	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	367.14

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	1	6	2	2	1	2	2	95.24	95.24	114.76	530.22
2	0	3	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	475.8
3	0	3	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	416.84
4	0	2	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	412.31
5	0	5	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	412.31
6	6	2	1	1	1	2	2	4.54	99.78	110.22	412.31
7	0	3	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	394.17
8	0	1	4	0	1	2	2	0	99.78	110.22	394.17
9	0	1	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	385.1
10	0	1	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	384.19

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	1	6	2	3	2	3	3	95.24	95.24	219.76	530.22
2	0	3	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	478.39
3	0	3	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	422.24
4	0	2	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	417.92
5	0	5	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	417.92
6	6	2	3	2	2	3	3	4.54	99.78	215.22	417.92
7	0	3	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	400.64
8	0	1	4	0	2	3	3	0	99.78	215.22	400.64
9	0	1	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	392.01
10	0	1	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	391.14

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	1	6	2	4	3	4	4	95.24	95.24	324.76	529.4
2	0	3	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	529.4
3	0	3	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	529.4
4	0	2	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	525.29
5	0	5	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	525.29
6	0	2	4	0	3	4	4	4.54	99.78	320.22	525.29
7	0	3	0	0	3	4	4	0	99.78	320.22	525.29
8	0	1	4	0	3	4	4	0	99.78	320.22	525.29
9	0	1	0	0	3	4	4	0	99.78	320.22	517.06
10	10	1	3	1	3	4	4	.82	100.6	319.4	517.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	1	6	2	5	4	5	5	95.24	95.24	429.76	529.4
2	0	3	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
3	0	3	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
4	0	2	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
5	0	5	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
6	0	2	4	0	4	5	5	4.54	99.78	425.22	529.4
7	0	3	0	0	4	5	5	0	99.78	425.22	529.4
8	0	1	4	0	4	5	5	0	99.78	425.22	529.4
9	0	1	0	0	4	5	5	0	99.78	425.22	521.56
10	0	1	4	0	4	5	5	.82	100.6	424.4	521.56

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	1	6	3	6	5	6	6	95.24	95.24	534.76	529.4
2	0	3	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
3	0	3	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
4	0	2	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
5	0	5	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
6	0	2	4	0	5	6	6	4.54	99.78	530.22	529.4
7	0	3	0	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
8	0	1	4	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
9	0	1	0	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
10	0	1	4	0	5	6	6	.82	100.6	529.4	529.4

total de nos ....= 6
PODA1 ....= 0
PODA2 ....= 0
no aberto ....= 0
no fechado ....= 6
hora ....= 23:14:40

```
*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  3
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE    476.46

total de nos ..........=  36
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  19
no aberto .............=  0
no fechado ............=  17
hora .................= 23:18:58

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  5
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE    476.46

total de nos ..........=  67
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  39
no aberto .............=  0
no fechado ............=  28
hora .................= 23:28:16

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  7
 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE    476.46

total de nos ..........=  136
PODA1 .................=  1
PODA2 .................=  86
no aberto .............=  0
no fechado ............=  49
hora .................= 23:54:09
```

NAO FOI ENCONTRADO UMA SOLUCAO MEL OR APOS 3 ITERACOES CONSECUTIVAS

NUMERO MAXIMO DE COMBINACOES = 108

NUMERO MAXIMO DE SUCESSORES PARA CADA NO ....= 11

PASSO DA ITERACAO PARA O NUMERO DE SUCESSORES ....= 2

PERCENTAGEM DO ULTIMO OTIMO PARA A PODA2 ....= .95

NUMERO MAXIMO DE ITERACOES SUCESSIVAS SEM MELHORA DO OTIMO ....= 2

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 1
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	1	6	1	1	0	1	1	95.24	95.24	9.760002	534.76
2	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	477.62
3	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	415.71
4	0	2	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	410.95
5	0	5	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	401.43
6	0	2	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	396.66
7	0	3	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	377.62
8	8	1	3	1	0	1	1	0	95.24	9.760002	377.62
9	0	1	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	368.09
10	0	1	0	0	0	1	1	0	95.24	9.760002	367.14

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	1	6	2	2	1	2	2	95.24	95.24	114.76	530.22
2	0	3	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	475.8
3	0	3	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	416.84
4	0	2	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	412.31
5	0	5	0	0	1	2	2	0	95.24	114.76	412.31
6	6	2	1	1	1	2	2	4.54	99.78	110.22	412.31
7	0	3	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	394.17
8	0	1	4	0	1	2	2	0	99.78	110.22	394.17
9	0	1	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	385.1
10	0	1	0	0	1	2	2	0	99.78	110.22	384.19

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	1	6	2	3	2	3	3	95.24	95.24	219.76	530.22
2	0	3	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	478.39
3	0	3	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	422.24
4	0	2	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	417.92
5	0	5	0	0	2	3	3	0	95.24	219.76	417.92
6	6	2	3	2	2	3	3	4.54	99.78	215.22	417.92
7	0	3	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	400.64
8	0	1	4	0	2	3	3	0	99.78	215.22	400.64
9	0	1	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	392.01
10	0	1	0	0	2	3	3	0	99.78	215.22	391.14

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	1	6	2	4	3	4	4	95.24	95.24	324.76	529.4
2	0	3	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	529.4
3	0	3	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	529.4
4	0	2	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	525.29
5	0	5	0	0	3	4	4	0	95.24	324.76	525.29
6	0	2	4	0	3	4	4	4.54	99.78	320.22	525.29
7	0	3	0	0	3	4	4	0	99.78	320.22	525.29
8	0	1	4	0	3	4	4	0	99.78	320.22	525.29
9	0	1	0	0	3	4	4	0	99.78	320.22	517.06
10	10	1	3	1	3	4	4	.82	100.6	319.4	517.06

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	1	6	2	5	4	5	5	95.24	95.24	429.76	529.4
2	0	3	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
3	0	3	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
4	0	2	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
5	0	5	0	0	4	5	5	0	95.24	429.76	529.4
6	0	2	4	0	4	5	5	4.54	99.78	425.22	529.4
7	0	3	0	0	4	5	5	0	99.78	425.22	529.4
8	0	1	4	0	4	5	5	0	99.78	425.22	529.4
9	0	1	0	0	4	5	5	0	99.78	425.22	521.56
10	0	1	4	0	4	5	5	.82	100.6	424.4	521.56

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	1	6	3	6	5	6	6	95.24	95.24	534.76	529.4
2	0	3	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
3	0	3	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
4	0	2	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
5	0	5	0	0	5	6	6	0	95.24	534.76	529.4
6	0	2	4	0	5	6	6	4.54	99.78	530.22	529.4
7	0	3	0	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
8	0	1	4	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
9	0	1	0	0	5	6	6	0	99.78	530.22	529.4
10	0	1	4	0	5	6	6	.82	100.6	529.4	529.4

total de nos ....= 6
PODA1 ....= 0
PODA2 ....= 0
no aberto ....= 0
no fechado ....= 6
hora ....= 23:56:12

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 3
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 1

1	0	6	0	0	0	1	2	0	0	105	544.29
2	0	3	0	0	0	1	2	0	0	105	487.15
3	3	3	1	1	0	1	2	61.9	61.9	43.1	487.15
4	0	2	0	0	0	1	2	0	61.9	43.1	482.39
5	0	5	0	0	0	1	2	0	61.9	43.1	472.86
6	6	2	1	1	0	1	2	4.76	66.66	38.34	472.86
7	7	3	1	1	0	1	2	19.05	85.71001	19.28999	472.86
8	9	1	3	1	0	1	2	0	85.71001	19.28999	472.86
9	0	1	0	0	0	1	2	0	85.71001	19.28999	463.34
10	0	1	0	0	0	1	2	0	85.71001	19.28999	462.89

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 2

1	0	6	0	0	2	2	27	0	0	210	543.38
2	0	3	0	0	2	2	27	0	0	210	488.96
3	3	3	2	2	2	2	27	61.9	61.9	148.1	488.96
4	0	2	0	0	2	2	27	0	61.9	148.1	484.42
5	0	5	0	0	2	2	27	0	61.9	148.1	484.42
6	6	2	3	2	2	2	27	4.76	66.66	143.34	484.42
7	7	3	2	2	2	2	27	19.05	85.71001	124.29	484.42
8	0	1	4	0	2	2	27	0	85.71001	124.29	484.42
9	0	1	0	0	2	2	27	0	85.71001	124.29	475.35
10	10	1	3	1	2	2	27	.91	86.62001	123.38	475.35

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 3

1	0	6	0	0	27	3	29	0	0	315	543.38
2	0	3	0	0	27	3	29	0	0	315	491.55
3	3	3	3	3	27	3	29	61.9	61.9	253.1	491.55
4	0	2	0	0	27	3	29	0	61.9	253.1	487.23
5	0	5	0	0	27	3	29	0	61.9	253.1	487.23
6	0	2	4	0	27	3	29	4.76	66.66	248.34	487.23
7	7	3	3	3	27	3	29	19.05	85.71001	229.29	487.23
8	0	1	4	0	27	3	29	0	85.71001	229.29	487.23
9	0	1	0	0	27	3	29	0	85.71001	229.29	478.59
10	0	1	4	0	27	3	29	.91	86.62001	228.38	478.59

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 4

1	0	6	0	0	29	4	37	0	0	420	489.91
2	2	3	1	1	29	4	37	49.36	49.36	370.64	489.91
3	0	3	4	0	29	4	37	61.9	111.26	308.74	489.91
4	4	2	1	1	29	4	37	4.11	115.37	304.63	489.91
5	0	5	0	0	29	4	37	0	115.37	304.63	489.91
6	0	2	4	0	29	4	37	4.76	120.13	299.87	489.91
7	0	3	4	0	29	4	37	19.05	139.18	280.82	489.91
8	0	1	4	0	29	4	37	0	139.18	280.82	489.91
9	0	1	0	0	29	4	37	0	139.18	280.82	481.68
10	0	1	4	0	29	4	37	.91	140.09	279.91	481.68

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 5

1	0	6	0	0	37	5	63	0	0	525	489.91
2	2	3	2	2	37	5	63	49.36	49.36	475.64	489.91
3	0	3	4	0	37	5	63	61.9	111.26	413.74	489.91
4	4	2	3	2	37	5	63	4.11	115.37	409.63	489.91
5	0	5	0	0	37	5	63	0	115.37	409.63	489.91
6	0	2	4	0	37	5	63	4.76	120.13	404.87	489.91
7	0	3	4	0	37	5	63	19.05	139.18	385.82	489.91
8	0	1	4	0	37	5	63	0	139.18	385.82	489.91
9	0	1	0	0	37	5	63	0	139.18	385.82	482.07
10	0	1	4	0	37	5	63	.91	140.09	384.91	482.07

MATRIZ DE PROJETOS DO PERIODO 6

1	0	6	0	0	63	6	69	0	0	630	489.91
2	2	3	3	3	63	6	69	49.36	49.36	580.64	489.91
3	0	3	4	0	63	6	69	61.9	111.26	518.74	489.91
4	0	2	4	0	63	6	69	4.11	115.37	514.63	489.91
5	0	5	0	0	63	6	69	0	115.37	514.63	489.91
6	0	2	4	0	63	6	69	4.76	120.13	509.87	489.91
7	0	3	4	0	63	6	69	19.05	139.18	490.82	489.91
8	0	1	4	0	63	6	69	0	139.18	490.82	489.91
9	0	1	0	0	63	6	69	0	139.18	490.82	489.91
10	0	1	4	0	63	6	69	.91	140.09	489.91	489.91

```
total de nos ..........=  88
PODA1 .................=  14
PODA2 .................=  16
no aberto .............=  11
no fechado ............=  47
hora ..................= 00:14:58
```

*** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO 5 EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

NESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE 465.41

```
total de nos ..........=  38
PODA1 .................=  0
PODA2 .................=  24
no aberto .............=  0
no fechado ............=  14
hora ..................= 00:19:21
```

```
** RECONSTITUICAO DO CAMINHO OTIMO, CONSIDERANDO  7
EXPANCOES MAXIMAS POR NO ***

ESTA ITERACAO O OTIMO NAO SERA MELHOR QUE   465.41


otal de nos ..........=  52
ODA1 .................=  1
ODA2 .................=  36
o aberto .............=  0
o fechado ............=  15
ora ..................= 00:24:28


AO FOI ENCONTRADO UMA SOLUCAO MELHOR APOS  2  ITERACOES CONSECUTIVAS
```