
ANEXO

Manual do utilizador

PARTE 1

Menu Principal

A janela principal da aplicação é composta por uma zona destinada a mostrar a informação analítica (rodapé) e pelo “Menu Principal”, o qual contém opções para controlar toda a aplicação (próxima janela).

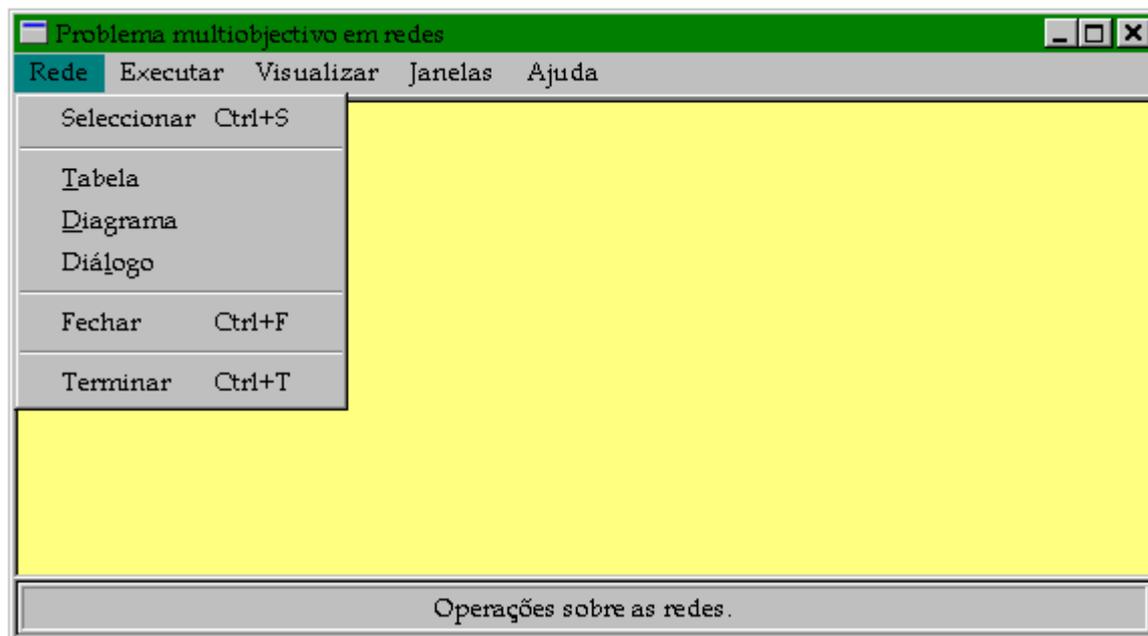
É a partir do “Menu Principal” que se chega aos restantes menus e é ele que contém as opções associadas ao estudo de qualquer um dos problemas propostos (ver Dissertação, Capítulo 5). Este menu é composto pelos seguintes sub-menus (próxima janela) : Rede, Executar, Visualizar, Janelas e Ajuda.



No entanto, os sub-menus Executar e Visualizar encontram-se inicialmente indisponíveis, só se tornando disponíveis depois de se seleccionar uma rede para estudo.

1. Rede

Este sub-menu é composto pelas seguintes opções (próxima janela) : Seleccionar, Tabela, Diagrama, Diálogo, Fechar e Terminar.



1.1. Seleccionar

Selecciona uma rede, a qual está associada ao problema que se pretende estudar, o que é feito utilizando a janela de diálogo predefinida pelo “Windows” para abrir ficheiros, mas adaptada a este caso específico.

Os dados associados a cada rede encontram-se em ficheiros com extensão **RED**, cujo formato é o seguinte :

- a primeira linha corresponde às quantidades de funções objectivo, de nós e de arcos;
- cada uma das restantes linhas corresponde a um arco da rede, contendo a seguinte informação : identificação, nó origem, nó destino e valores das funções objectivo.

1.2. Tabela

Acede ao menu “Tabela de Rede” (ver Parte 1), o qual utiliza uma tabela para construir, alterar ou apenas visualizar os dados associados a cada rede.

1.3. Diagrama

Acede ao menu “Diagrama de Rede” (ver Parte 2), o qual utiliza um diagrama específico para construir, alterar ou apenas visualizar qualquer rede.

1.4. Diálogo

Permite criar uma rede utilizando apenas janelas de diálogo, as quais estão associadas a três conjuntos de dados necessários para a criação da rede. Estas caixas de diálogo estão associadas à seguinte informação :

- dados referentes à rede : quantidades de funções objectivo, de nós e de arcos (Parte 3 – 2),
- tipo de arcos : indicação se os arcos são dirigidos ou não dirigidos (Parte 3 – 3),
- dados associados aos arcos : identificação, nó origem, nó destino e valores das funções objectivo (Parte 3 – 1).

1.5. Fechar

Liberta toda a informação correspondente à análise efectuada à rede actual, inclusive o próprio nome do ficheiro. Desta forma, o programa fica preparado para analisar outra rede.

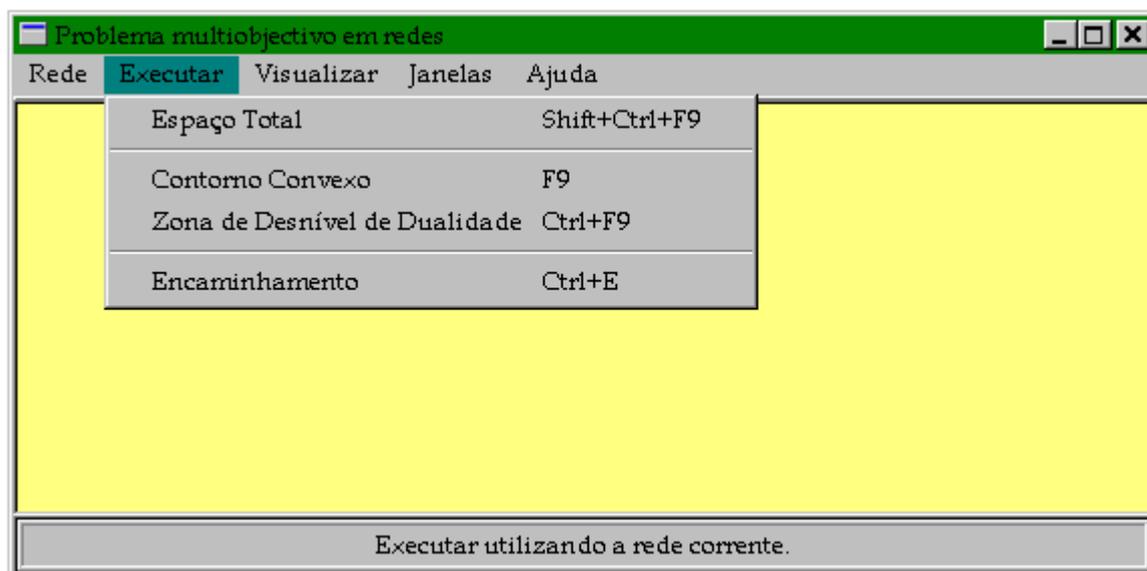
1.6. Terminar

Abandona a aplicação.

2. Executar

Este sub-menu é composto por um conjunto de opções associado às várias abordagens propostas para a resolução de problemas de caminho mais curto multiobjectivo (ver Dissertação, Capítulos 5 e 6).

Este sub-menu só se torna disponível após se seleccionar uma rede, a qual está associada aos dados do problema a estudar. As opções são as seguintes (próxima janela) : Espaço Total , Contorno Convexo, Zona de Desnível de Dualidade e Encaminhamento.



2.1. Espaço Total

Opção associada à primeira abordagem proposta, que consiste em determinar soluções não dominadas em todo o espaço dos objectivos do problema e segundo uma determinada direcção de pesquisa. Para tal, abre uma janela contendo um gráfico, sobre o qual pode haver interacção com o utilizador, e onde são representadas as soluções que vão sendo determinadas por este processo.

No entanto, antes da janela se abrir, o utilizador terá que fornecer informação referente à dimensão da janela (ver Parte 3 – 4), indicar entre que nós pretende determinar as soluções não dominadas (ver Parte 3 – 5) e indicar se pretende ou não impor restrições nos valores das funções objectivo — se sim, tem que os explicitar nesta janela — (ver Parte 3 – 7.2).

2.2. Contorno Convexo

Opção associada à segunda abordagem proposta, que consiste em determinar soluções que pertençam ao Contorno Convexo (vértices) do problema. Para tal, abre uma janela contendo um gráfico, sobre o qual pode haver interacção com o utilizador. Sempre que se determina uma nova solução o gráfico é actualizado.

No entanto, antes de aparecer a dita janela, o utilizador terá que fornecer informação referente à dimensão da janela (ver Parte 3 – 4) e indicar entre que nós pretende determinar as soluções não dominadas (ver Parte 3 – 5).

2.3. Zona de Desnível de Dualidade

Opção também associada à segunda abordagem proposta, que consiste em determinar soluções não dominadas que pertençam a uma determinada Zona de Desnível de Dualidade. Esta opção encontra-se inicialmente indisponível, tornando-se disponível apenas após se seleccionar a opção associada à determinação de soluções do Contorno Convexo. Para tal, abre uma janela contendo um gráfico, sobre o qual pode haver interacção com o utilizador. Este gráfico é actualizado sempre que se encontra uma solução.

No entanto, antes de aparecer esta janela, o utilizador terá que fornecer informação relativa à dimensão da janela (ver Parte 3 – 4), indicar qual a Zona de Desnível de Dualidade que pretende analisar (ver Parte 3 – 7.1) e indicar se pretende ou não impor restrições nos valores das funções objectivo — se sim, estas restrições têm de ser explicitadas nesta janela (ver Parte 3 – 7.2).

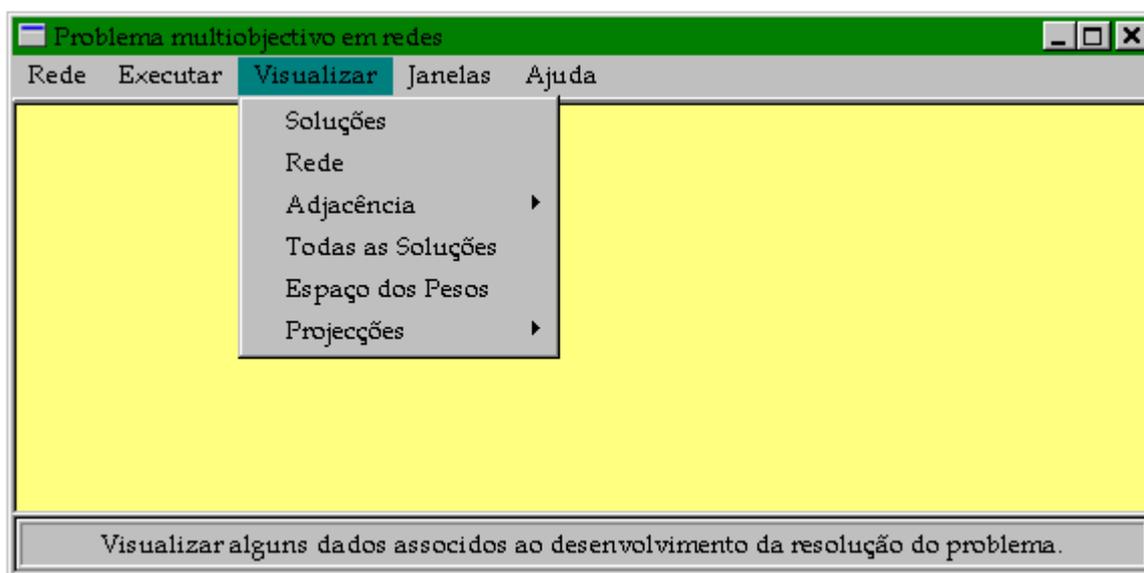
2.4. Encaminhamento

Esta opção permite estudar o problema associado à rede actual segundo a abordagem apresentada que consiste em resolver aquele problema como um de encaminhamento. Para tal, abre uma janela contendo um gráfico, onde se encontram representadas as regiões de prioridade e a solução encontrada tendo em conta os requisitos de QoS fornecidos antes.

No entanto, antes é necessário indicar a dimensão da janela (ver Parte 3 – 4), os nós entre os quais se pretende determinar soluções não dominadas (ver Parte 3 – 5), as preferências entre os objectivos (ver Parte 3 – 9.1) e os requisitos de QoS (ver Parte 3 – 9.2).

3. Visualizar

Conjunto de opções relacionadas com a visualização da informação mais relevante, para o estudo do problema segundo as abordagens propostas. Este conjunto é composto pelas seguintes opções (próxima janela) : Soluções, Rede, Adjacência (Simplesmente e Definitivamente), Todas as Soluções, Espaço dos Pesos e Projecções (F1xF2, F1xF3 e F2xF3).

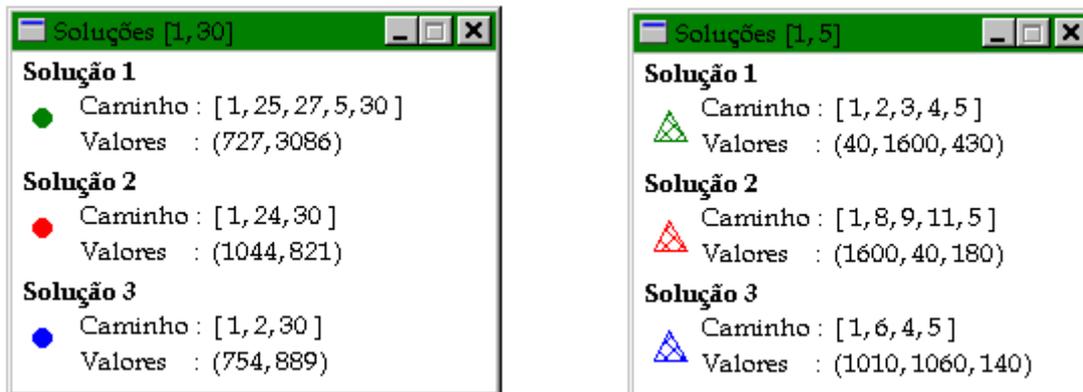


3.1. Soluções

Apresenta numa tabela toda a informação associada a cada solução já determinada : identificação, cor (círculo cheio para problemas bi-objectivo e triângulo rendilhado para o tri-objectivo), caminho e valores das funções objectivo (custo) — ver próximas janelas.

A primeira janela que está a seguir contém uma tabela com a informação associada às 3 soluções não dominadas já determinadas de um problema bi-objectivo. A segunda janela mostra uma tabela com a informação associada às 3 soluções não dominadas já determinadas

de um problema tri-objectivo; por exemplo, a solução 1 (identificada com a cor verde) corresponde ao caminho $p = [1, 2, 3, 4, 5]$ com custo $c(p) = (40, 1600, 430)$.



3.2. Rede

Apresenta uma tabela com os dados referentes à rede actual, onde cada linha corresponde a um arco, contendo a seguinte informação : identificação, nó origem, nó destino e valores das funções objectivo. Se não for possível visualizar, simultaneamente, todos estes dados, existem "Sroll Bars" horizontal e vertical que permitem essa visualização.

Arco	Orig	Dest	FO 1	FO 2	FO 3
1	1	2	10	100	40
2	1	6	100	10	30
3	1	7	10	200	10
4	1	8	100	10	80
5	2	3	10	300	200
6	2	8	10	500	800
7	2	11	150	1000	70
8	3	4	10	500	90
9	4	5	10	700	100
10	6	3	200	10	50

A janela anterior contém uma tabela que apresenta, parcialmente, os dados da rede actual onde cada linha corresponde a um arco, ao qual está associado 6 valores : identificação, nó origem, nó destino e um valor associado a cada uma das 3 funções objectivo. Como apenas são visíveis 10 arcos da rede, os restantes podem ser visto ao manipular-se a "Sroll Bar" vertical associada a esta janela. Por exemplo, de acordo com a tabela existente na janela em baixo, o arco 1 tem origem no nó 1 e destino no nó 2, e os valores das funções objectivo 1, 2 e 3 são 10, 100 e 40, respectivamente.

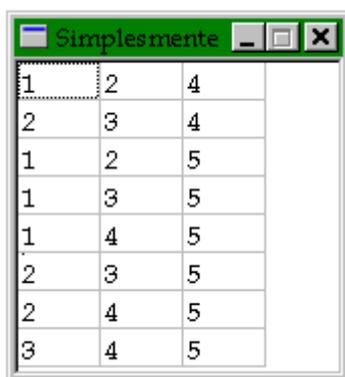
3.3. Adjacência

Esta opção está associada a um sub-menu com apenas duas alternativas, as quais estão associadas à adjacência (simples e definitiva — ver Dissertação, Capítulo 5) entre combinações de vértices já determinados. Para o problema bi-objectivo estas tabelas têm menos utilidade (o próprio gráfico mostra explicitamente a adjacência entre os vértices) do que para o problema tri-objectivo, uma vez que os gráficos utilizados nestes últimos problemas não mostram explicitamente a adjacência entre vértices. As duas opções são :

Simplesmente — abre uma janela contendo uma tabela com todas as combinações de vértices adjacentes entre si e que ainda não foram testadas, as quais servem para determinar mais soluções do Contorno Convexo (vértices) do problema.

Definitivamente — abre uma janela contendo uma tabela com todas as combinações de vértices definitivamente adjacentes entre si, servindo para indicar as Zonas de Desníveis de Dualidade do problema. Sempre que uma combinação de vértices passa a definitivamente adjacentes, deixa de pertencer à tabela dos simplesmente adjacentes.

A tabela que se encontra na primeira janela apresenta as 8 combinações de vértices simplesmente adjacentes de um problema tri-objectivo. Por exemplo, o terno (1, 2, 4) forma uma combinação de vértices adjacentes, a partir da qual se pode determinar um outro vértice (construindo uma função escalar a partir deles). Por outro lado, o terno (1, 2, 3) não se encontra na tabela (não são adjacentes entre si), porque com esta combinação de vértices foi determinado o vértice 4.



Simplesmente		
1	2	4
2	3	4
1	2	5
1	3	5
1	4	5
2	3	5
2	4	5
3	4	5



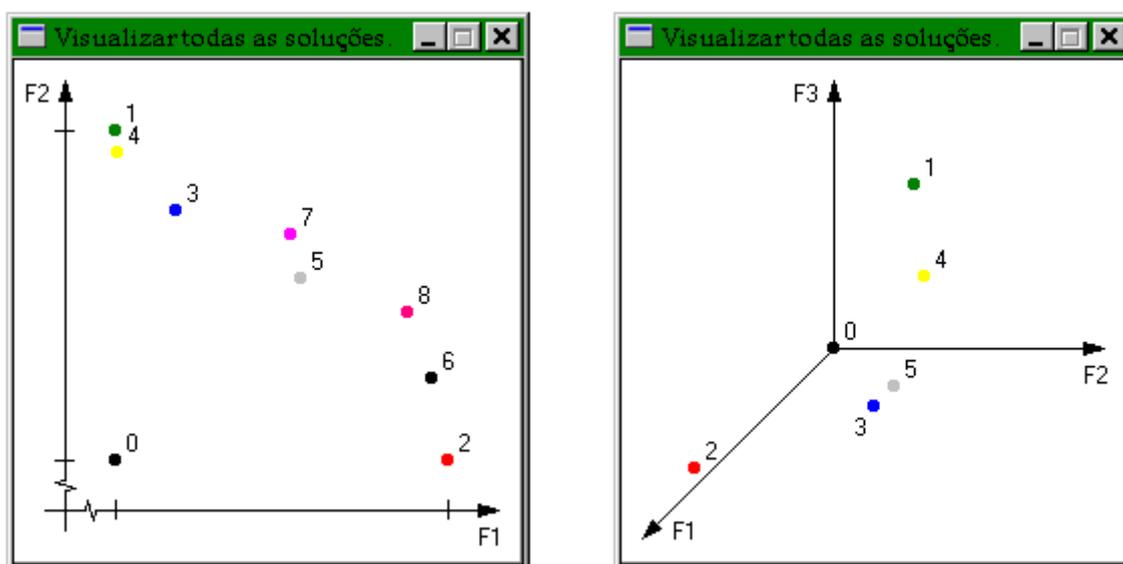
Definitivamente		
1	2	4
1	4	5
5	2	3
4	2	5

A tabela que se encontra na segunda janela mostra as 5 combinações de vértices definitivamente adjacentes de um problema tri-objectivo, as quais formam zonas de desníveis de dualidade. Por exemplo, como a partir da função escalar construída à custa do terno (1, 2, 4) não foi determinado qualquer vértice, este terno deixa a tabela dos vértices simplesmente adjacentes para pertencer à tabela dos definitivamente adjacentes. Por outro lado, por exemplo, o terno (1, 2, 3) não se encontra nesta tabela, porque a partir da função

utilidade construída à custa desta combinação de vértices determinou-se o vértice 4 (logo, este terno de vértices não pertence a qualquer das tabelas).

3.4. Todas as Soluções

Permite visualizar, num único gráfico, todas as soluções não dominadas já determinadas, pertencentes quer ao Contorno Convexo, quer às diversas Zonas de Desníveis de Dualidade analisadas. Note-se que o gráfico associado ao problema bi-objectivo é composto por 2 eixos e o tri-objectivo por 3, nos quais a solução 0 corresponde à solução ideal (próximas janelas).

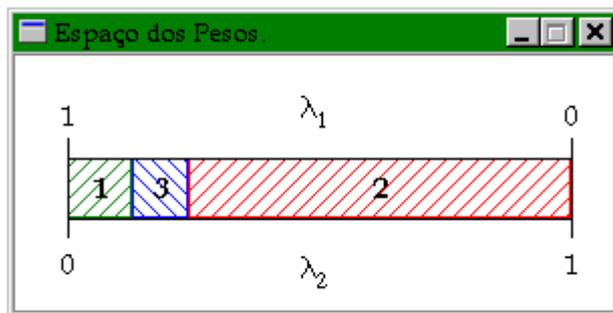


As janelas seguintes apresentam gráficos que correspondem a exemplos associados a um problema bi-objectivo (com 8 soluções) e a um tri-objectivo (com 5 soluções).

3.5. Espaço dos Pesos

Opção disponível apenas para o caso bi-objectivo, abre uma janela contendo um diagrama com uma barra para mostrar as várias combinações de pesos que determinam as soluções que pertencem ao Contorno Convexo. A informação contida no diagrama apenas está totalmente correcta quando todos os vértices forem determinadas.

No gráfico da janela seguinte, cada região colorida está associada a um conjunto de combinações de pesos que determinam a mesma solução : por exemplo, qualquer combinação (λ_1, λ_2) que “caia” na região azul determina a solução 3, se “cair” na vermelha determina a 2, etc..



Ao passar-se com o rato sobre as fronteiras das soluções, aparece em rodapé os valores de λ_1 (junto à linha superior) ou λ_2 (junto à linha inferior) correspondente a essa fronteira. Por exemplo, ao passar-se com o rato sobre a fronteira entre as soluções 2 e 3, aparece em rodapé o seguinte : $\lambda_1 = 0.76$ (linha superior) ou $\lambda_2 = 0.24$ (linha inferior).

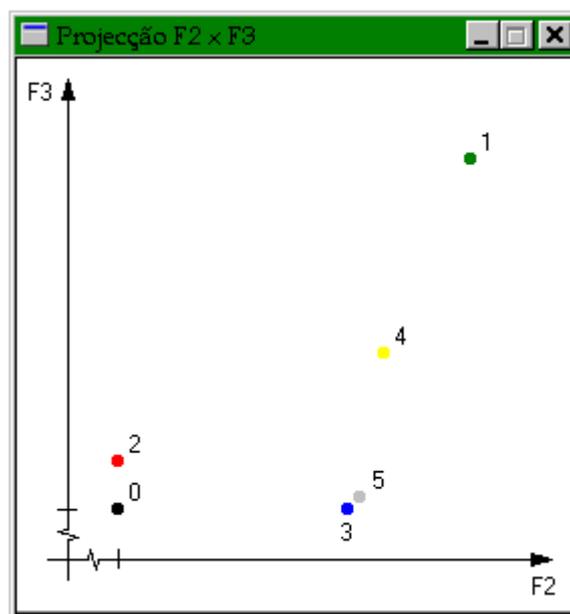
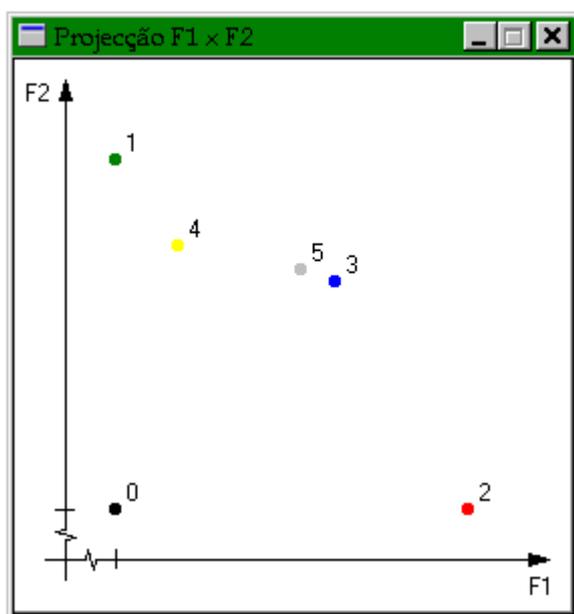
3.6. Projecções

Sub-menu composto por três opções e apenas disponível para o caso tri-objectivo. Cada uma das opções abre uma janela contendo um gráfico com 2 eixos, no qual todas as soluções não dominadas já determinadas são apresentadas projectadas num dos 3 planos possíveis :

F1 × *F2* — despreza o valor da terceira função objetivo associado a cada solução.

F1 × *F3* — despreza o valor da segunda função objetivo associado a cada solução.

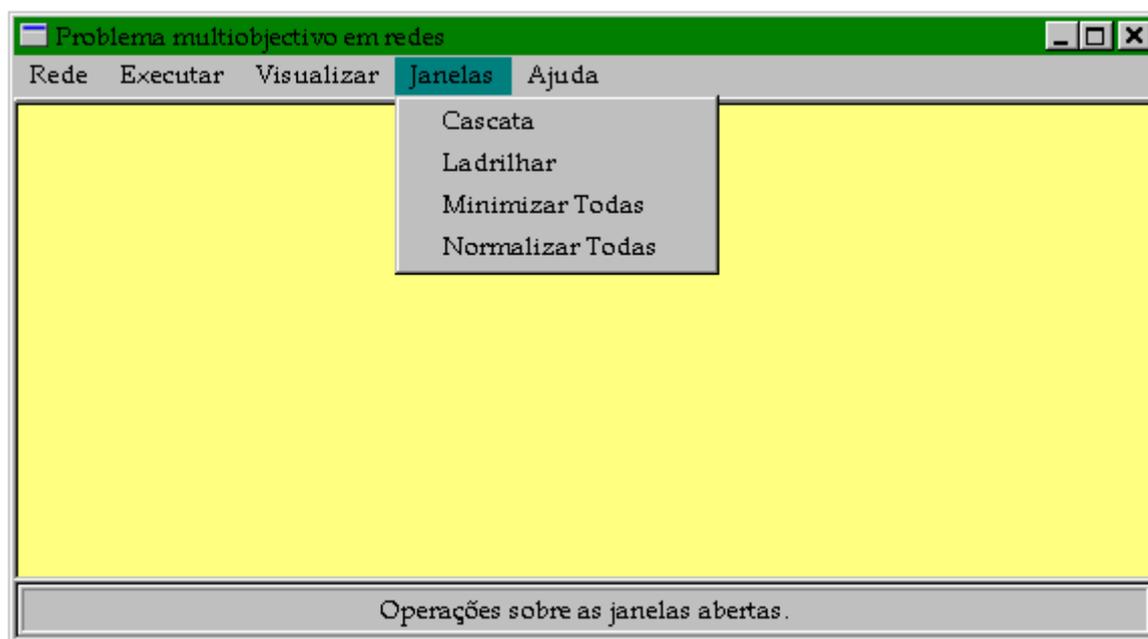
F2 × *F3* — despreza o valor da primeira função objetivo associado a cada solução.



Por exemplo, os gráficos que se encontram nas janelas anteriores apresentam as 5 soluções já encontradas de um problema tri-objectivo, tendo em conta apenas as funções objectivo 1 e 2 (projectadas no plano $F1 \times F2$) e 2 e 3 (projectadas no plano $F2 \times F3$).

4. Janelas

Conjunto de opções relacionadas com as várias formas de dispor as janelas activas da aplicação. As opções são as seguintes (próxima janela) : Cascata, Ladrilhar, Minimizar Todas e Normalizar Todas.



4.1. Cascata

Dispõe as janelas activas em cascata (escada).

4.2. Ladrilhar

Dispõe as janelas activas em ladrilhos (mosaicos).

4.3. Minimizar Todas

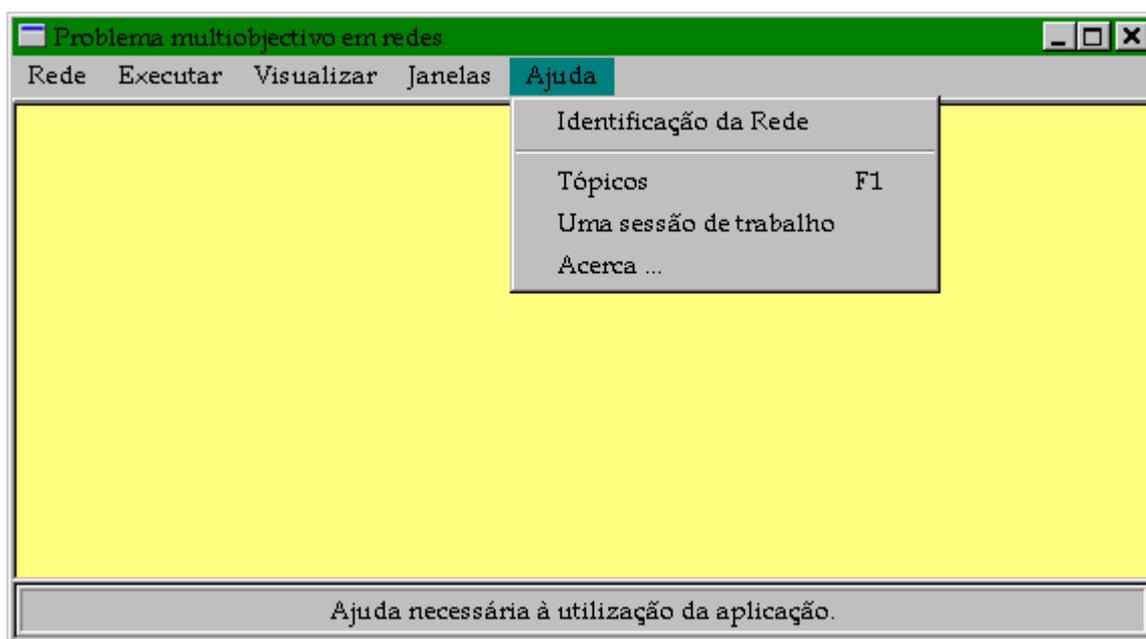
Minimiza todas as janelas activas. Depois de seleccionada, torna-se indisponível e torna disponível a opção que permite normalizar todas as janelas.

4.4. Normalizar Todas

Normaliza todas as janelas activas. Depois de seleccionada, torna-se indisponível e torna disponível opção que permite minimizar todas as janelas.

5. Ajuda

Sub-menu composto por um conjunto de opções associadas a alguns tipos de ajuda necessária para se utilizar eficientemente a aplicação. As opções são as seguintes (próxima janela) : Identificação da Rede, Tópicos, Uma sessão de trabalho e Acerca



5.1. Identificação da Rede

Apresenta, numa janela específica, as características da rede actual : nome, quantidades de funções objectivo, de nós e de arcos, e tipo de arcos.

5.2. Tópicos

Apresenta todos os tópicos de ajuda associados às opções deste menu.

5.3. Uma sessão de trabalho

Permite mostrar, através da análise de um problema bi-objectivo, o funcionamento da aplicação, no que respeita às várias abordagens apresentadas para resolver problemas de caminho mais curto multiobjectivo. Para tal, analisa-se aquele problema segundo as duas formas interactivas (Espaço Total e Contorno Convexo + Zona de Desnível de Dualidade) e a versão automática (Encaminhamento).

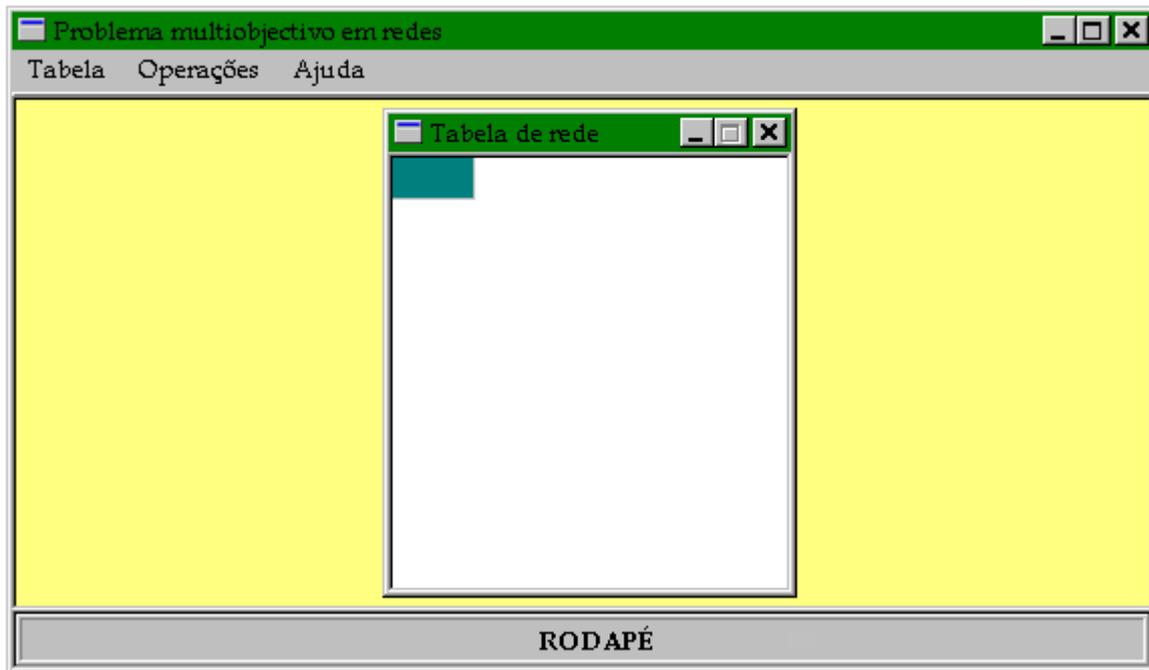
5.4. Acerca ...

Apresenta a informação correspondente à aplicação e aos autores desta.

P A R T E 1

Menu Tabela de Rede

O menu “Tabela de Rede” permite criar, alterar ou apenas visualizar redes utilizando tabelas. Este menu é formado pelos seguintes sub-menus (próxima janela) : Tabela, Operações e Ajuda.



1. Tabela

O conjunto de opções deste sub-menu destina-se a efectuar a ligação entre a aplicação e os utensílios do computador (por exemplo, disco e impressora). As opções são as seguintes (próxima janela) : Nova, Abrir, Gravar, Gravar Como ..., Imprimir, Maximizar, Fechar e Sair.



1.1. Nova

Prepara o ambiente para se criar uma nova rede, utilizando uma tabela com o seguinte formato : identificação do arco, nó origem, nó destino, valor da 1ª função objectivo, valor da 2ª função objectivo, ..., valor da p-ésima função objectivo. A identificação do arco é atribuída automaticamente, mas os restantes dados terão de ser fornecidos pelo utilizador.

1.2. Abrir

Mostra numa tabela os dados associados a uma determinada rede, a qual é escolhida utilizando a janela de diálogo predefinida pelo "Windows" para abrir ficheiros, mas adaptada a este caso particular.

Os dados da rede encontram-se em ficheiros com extensão RED (ver Parte 1 – 1.1), os quais podem ser alterados, utilizando as operações existentes neste menu.

1.3. Gravar

Guarda os dados da rede que se encontra representada (rede actual) num ficheiro com extensão RED (ver Parte 1 – 1.1). Para tal, é necessário atribuir um nome, o que é feito utilizando a janela de diálogo predefinida pelo "Windows" para gravar ficheiros, mas adaptada a este caso específico.

1.4. Gravar Como ...

Guarda a rede actual com outro nome, mantendo o nome anterior com a rede inicial.

1.5. Imprimir

Imprime os dados da rede actual em forma de tabela.

1.6. Maximizar

Caso a tabela se encontre parcialmente visível, maximiza a sua visualização.

1.7. Fechar

Prepara-se para visualizar ou criar uma rede, libertando todos os dados associados à rede actual para poder receber os dados de outra rede.

1.8. Sair

Abandona este menu (Tabela de Rede).

2. Operações

Sub-menu composto por um conjunto de operações que podem ser executadas sobre a rede actual. O conjunto de opções é o seguinte (próxima janela) : Executar, Actualizar F.O., Inserir (Linha e Coluna), Eliminar (Linha e Coluna) e Limpar (Linha e Coluna).



2.1. Executar

Transfere o controlo da aplicação para o Menu Principal, activando o sub-menu Executar deste, assumindo como rede actual para a aplicação a que se encontra na tabela.

2.2. Actualizar F. O.

Esta opção permite actualizar os dados associados à rede actual, mas apenas no que respeita aos valores das funções objectivo. Se esta opção não for accionada, as alterações introduzidas naqueles elementos não são consideradas.

2.3. Inserir

Permite inserir um conjunto de entidades da rede actual, acrescentando à tabela um dos seguintes elementos :

Linha — insere um arco com a identificação seguinte relativamente ao local de inserção. Por exemplo, se a rede actual tiver M arcos (1, ..., M), ao introduzir-se um arco na última linha, este vai assumir a identificação $M+1$; para se inserir um arco na posição k ($k < M$), terá que se colocar o cursor na última coluna da linha correspondente ao arco $k-1$ (implica actualização da rede).

Coluna — introduz mais uma função objectivo à rede actual, a qual será identificada com a numeração mais elevada.

2.4. Eliminar

Permite eliminar um conjunto de entidades da rede actual, removendo da tabela um dos seguintes elementos :

Linha — remove um arco da rede actual, bastando para tal posicionar o cursor na linha correspondente (implica actualização da rede).

Coluna — elimina os dados associados à função objectivo com a identificação mais alta.

2.5. Limpar

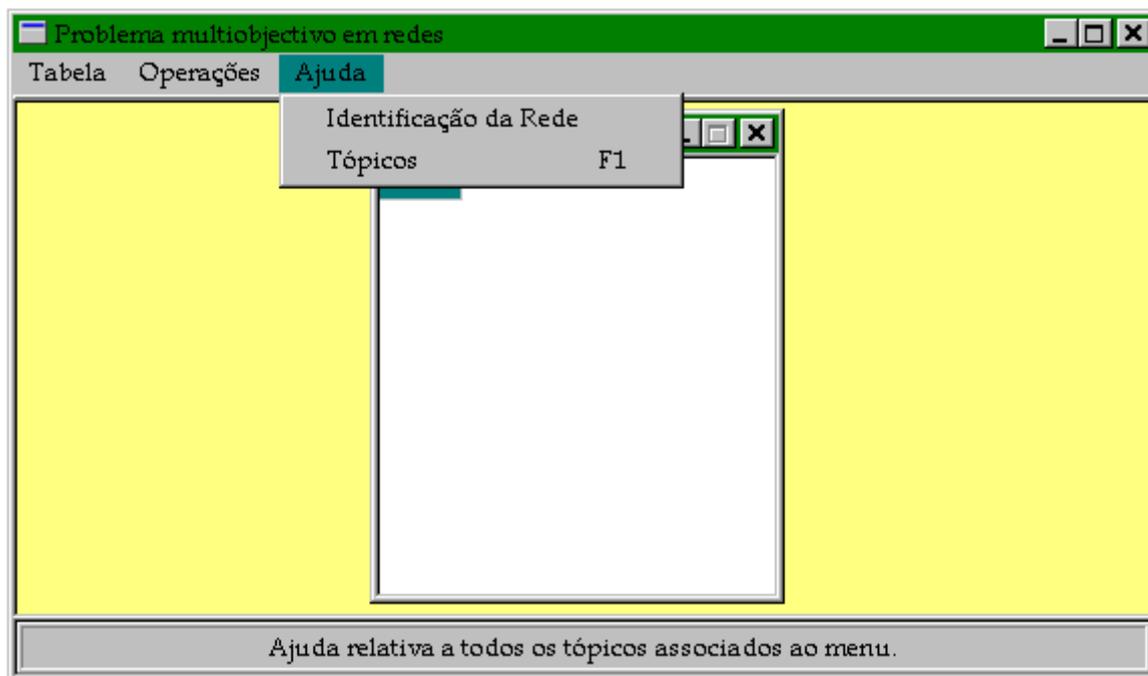
Permite alterar um conjunto de entidades da rede actual, anulando um dos seguintes elementos :

Linha — anula os dados que se encontram associados ao arco associado à linha onde se encontra o cursor (todas as colunas desta linha fica vazia, com excepção da coluna associada à identificação do arco).

Coluna — elimina os dados da função objectivo associada à coluna onde se encontra o cursor (a coluna correspondente fica totalmente vazia).

3. Ajuda

Sub-menu composto por um conjunto de opções associadas à ajuda necessária a este menu ("Tabela de Rede"). As opções são as seguintes (próxima janela) : Identificação da Rede e Tópicos.



3.1. Identificação da Rede

Apresenta, numa janela específica, as características da rede actual : nome, quantidades de funções objectivo, de nós e de arcos, e tipo de arcos.

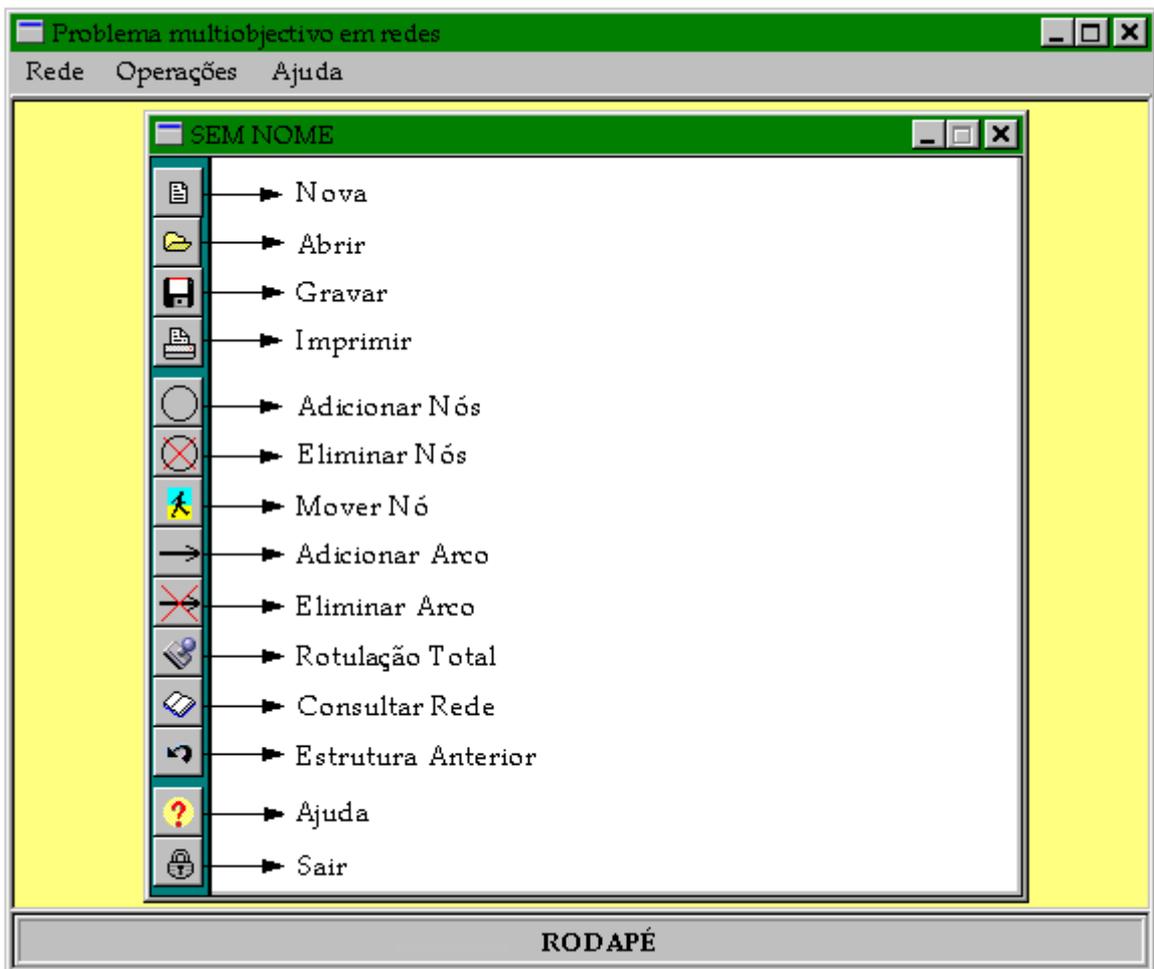
3.2. Tópicos

Apresenta todos os tópicos de ajuda associados às opções deste menu.

PARTE 2

Menu Diagrama de Rede

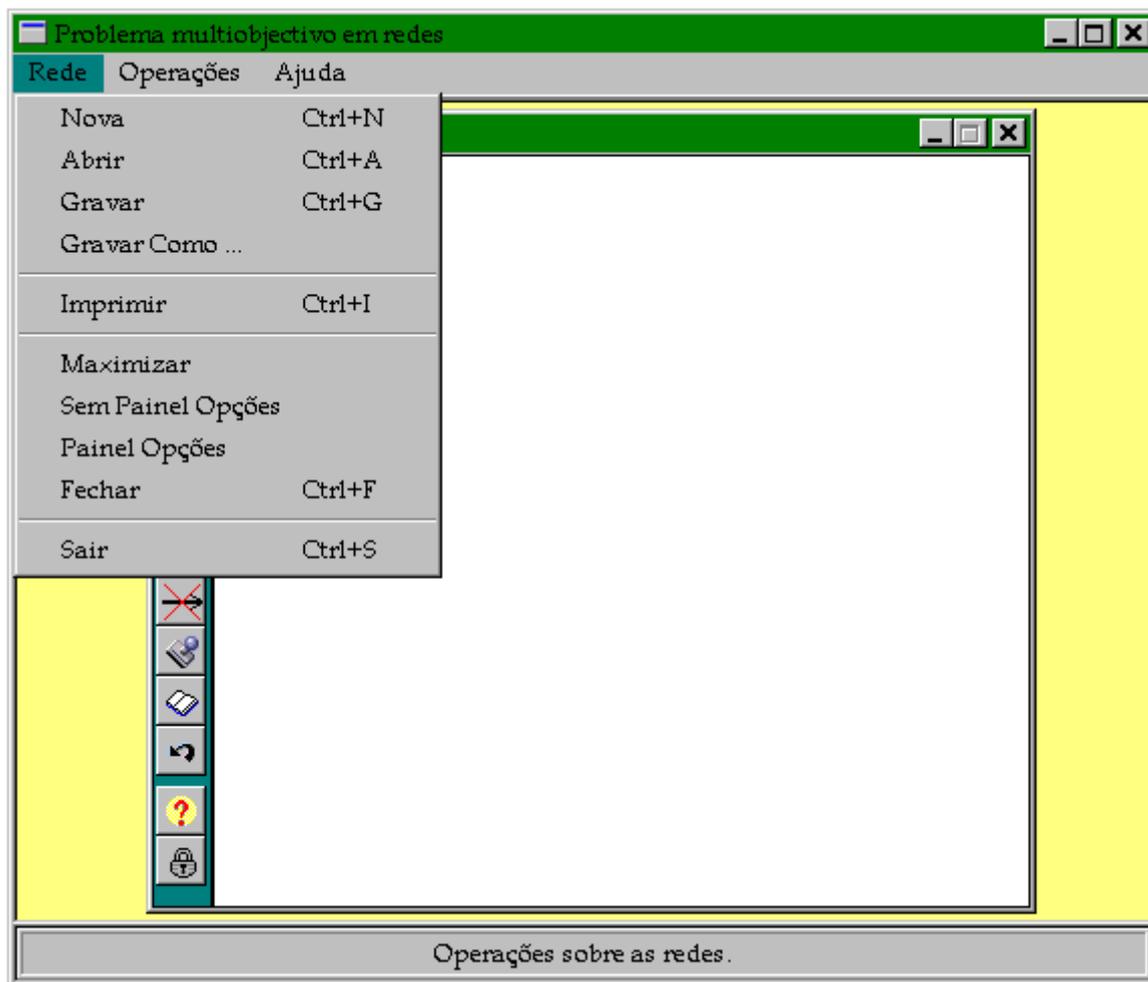
O menu “Diagrama de Rede” permite criar, alterar e visualizar qualquer rede, utilizando para tal um diagrama. Este menu é formado pelos sub-menus seguintes (próxima janela) : Rede, Operações e Ajuda.



Para se tornar mais rápido e mais cómodo a utilização deste menu, existe um painel com botões de atalho associadas às opções mais utilizadas (janela anterior).

1. Rede

Este sub-menu é composto por um conjunto de opções que se destinam a fazer a ligação entre a aplicação e os utensílios do computador (por exemplo, disco e impressora). As opções são as seguintes (próxima janela) : Nova, Abrir, Gravar, Gravar Como ..., Imprimir, Maximizar, Sem Painel Opções, Painel Opções, Fechar e Sair.



1.1. Nova

Permite criar uma rede, utilizando um diagrama (cuja dimensão mínima é de 400×400) para representar essa rede. Para tal, usam-se círculos para representar os nós e setas (segmentos) para representar os arcos dirigidos (não dirigidos). A adição de nós e de arcos pode ser feita gradualmente.

No entanto, antes de se começar a construir a rede, é preciso fornecer a dimensão da janela que conterá o diagrama, o que é feito usando uma janela específica (ver Parte 3 – 4).

1.2. Abrir

Permite mostrar uma determinada rede, já construída antes por este mesmo menu. Para tal, selecciona-se um qualquer ficheiro com extensão **NET**, cujo formato é o seguinte :

- a primeira linha corresponde ao tamanho da janela : largura e altura;
- cada uma das restantes linhas corresponde a um nó da rede : identificação e posição, utilizando a janela de diálogo predefinida pelo “Windows” para abrir ficheiros, adaptada a este caso particular. Os dados referentes aos arcos encontram-se num outro ficheiro, com o mesmo nome mas com extensão RED (ver Parte 1 – 1.1), servindo para desenhar os arcos.

1.3. Gravar

Guarda em disco a rede actual, actualizando os seus dados (se já existir) ou pedindo antes um nome para o ficheiro onde guardar os dados — ver opção seguinte.

1.4. Gravar Como ...

Guarda em disco a rede actual mas com outro nome, mantendo a rede inicial com o nome anterior. Para tal, utiliza a janela de diálogo predefinida pelo “Windows” para gravar ficheiro, mas adaptada a este caso específico. Esta rede é guardada em dois ficheiros com o mesmo nome mas com extensões diferentes : NET (ver 1.2) e RED (ver Parte 1 – 1.1).

1.5. Imprimir

Imprime o diagrama associado à rede actual.

1.6. Maximizar

Caso o diagrama da rede actual se encontre apenas parcialmente visível, permite a sua visualização máxima, maximizando o tamanho da janela que contém o diagrama.

1.7. Sem Painel Opções

Torna invisível o painel composto por botões de atalho correspondentes às opções mais utilizadas. Esta opção torna-se imediatamente indisponível, ao mesmo tempo que torna disponível a opção Painel Opções para permitir o reaparecimento daquele painel.

1.8. Painel Opções

Torna visível o painel composto por botões de atalho correspondentes às opções mais utilizadas. Esta opção torna-se imediatamente indisponível, ao mesmo tempo que torna disponível a opção Sem Painel Opções para permitir esconder aquele painel.

1.9. Fechar

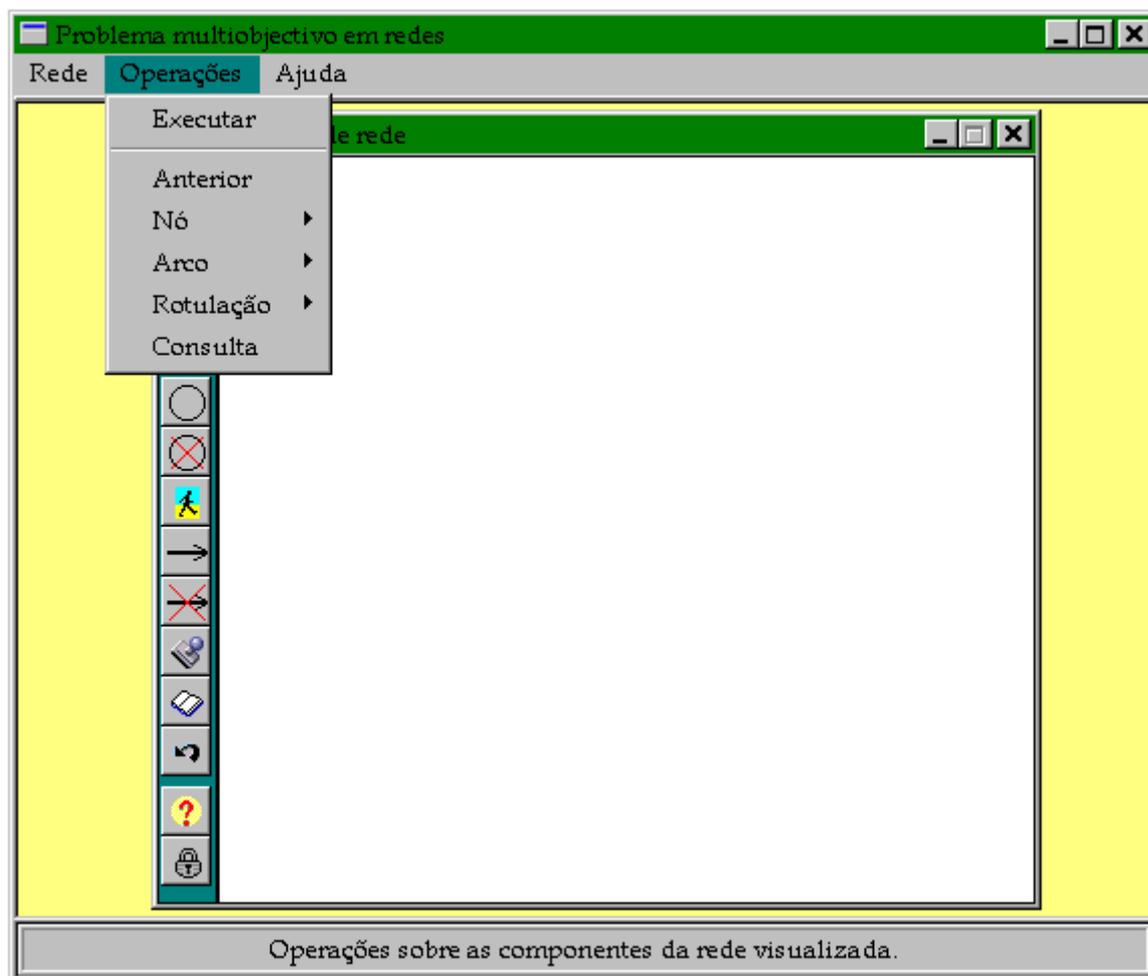
Prepara-se para visualizar ou criar uma rede, eliminando todos os dados associados à rede actual e limpando o diagrama.

1.10. Sair

Abandona este menu ("Diagrama de Rede").

2. Operações

Sub-menu composto por um conjunto de opções associadas a operações que podem ser efectuadas sobre a rede actual. As opções são as seguintes (próxima janela) : Executar, Anterior, Nó (Adicionar, Eliminar e Mover), Arco (Adicionar, Eliminar, Inserir Identificação e Retirar Identificação), Rotulação (Parcial e Total) e Consulta.



2.1. Executar

Transfere o controlo para o “Menu Principal”, activando o sub-menu Executar deste, assumindo como rede actual para a aplicação a que se encontra representada no diagrama.

2.2. Anterior

Despreza a última alteração efectuada sobre a rede actual, regressando ao estado anterior.

2.3. Nó

Sub-menu composto por um conjunto de operações a serem efectuadas sobre os nós da rede actual. As operações são as seguintes :

Adicionar — para inserir um nó na rede, basta clicar com o botão esquerdo do rato no local onde se pretende o nó. No entanto, se esta posição não distar, de todos os outros nós, de um valor mínimo predefinido, esta operação é recusada; caso isto não aconteça, o nó é inserido com a identificação mais elevada.

Eliminar — para eliminar um determinado nó da rede, basta clicar com o botão esquerdo do rato no nó. Desta forma, não é só o nó que é eliminado, mas também todos os arcos que incidem sobre ele (de chegada e de saída), o que implica actualização da rede em termos quer da identificação dos nós (os N nós de uma rede são identificados de 1 a N), quer da identificação dos arcos (os M arcos de uma rede são identificados de 1 a M).

Mover — para deslocar o nó da rede (alterar a sua posição), basta clicar com o botão esquerdo do rato naquele nó e imediatamente a seguir na nova posição. No entanto, caso esta nova posição não obedeça à distância mínima exigida entre nós, a operação é cancelada.

2.4. Arco

Este sub-menu é composto por um conjunto de opções a efectuar sobre os arcos da rede actual. As operações são :

Adicionar — para adicionar um arco à rede, basta clicar com o botão esquerdo do rato primeiro no nó origem e depois no nó destino. No entanto, caso seja o primeiro arco da rede, o utilizador tem de escolher o tipo de arco (*dirigido* ou *não dirigido*), utilizando uma janela específica (ver Parte 3 – 3); caso contrário, o arco adicionado é do mesmo tipo dos outros.

Eliminar — para eliminar um arco da rede, basta clicar com o botão esquerdo do rato, primeiro no nó origem e imediatamente a seguir no nó destino. Desta forma, se este arco

existir, será eliminado da rede e apagado do diagrama, sendo a rede então actualizada em termos de identificação dos arcos.

Inserir Identificação — coloca sobre os arcos da rede actual as respectivas identificações (1, ..., M). Depois torna esta opção indisponível e a opção Retirar Identificação disponível.

Retirar Identificação — retira a identificação dos arcos da rede actual. Depois torna esta opção indisponível e a opção Inserir Identificação disponível.

2.5. Rotulação

Sub-menu composto por duas opções associadas aos tipos de rotulação possíveis de realizar sobre os arcos da rede actual. Os tipos de rotulação são :

Total — atribui, consecutivamente, os valores das funções objectivo a todos os arcos da rede actual. Se a operação for cancelada, os valores introduzidos antes são desprezados.

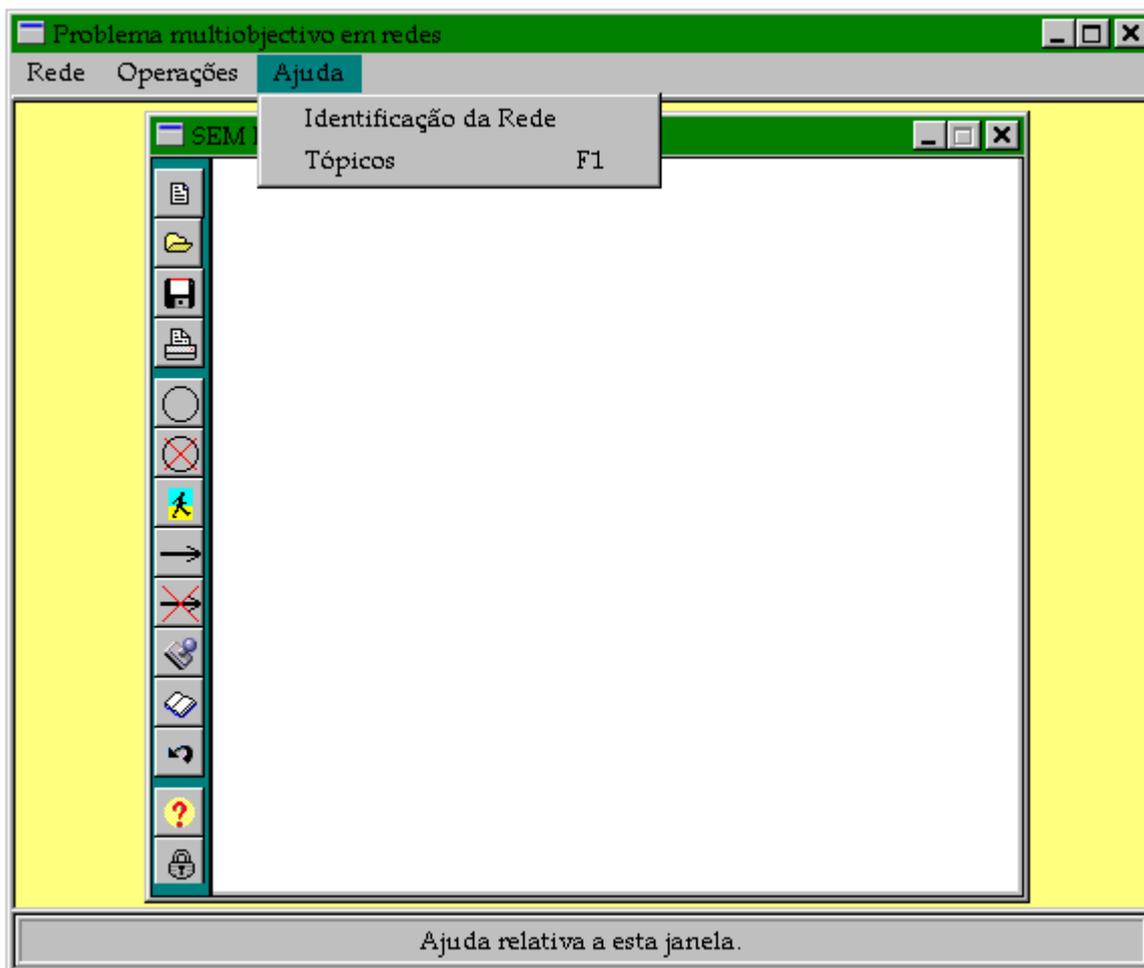
Parcial — atribui valores das funções objectivo a um determinado arco, o qual é identificado recorrendo-se a uma janela específica (ver Parte 3 – 1). Esta opção é útil quando apenas se pretende alterar os valores das funções objectivo de um arco da rede.

2.6. Consulta

Ao passar-se com o indicador de rato sobre um elemento da rede actual, permite visualizar em rodapé os dados que lhes estão associados. Assim, para cada nó aparece apenas a sua identificação e para cada arco aparece a sua identificação, os nós origem e destino, e os valores das funções objectivo.

3. Ajuda

Sub-menu composto por um conjunto de opções associadas à ajuda a dar ao Menu “Diagrama de Rede”. Estas opções são (janela seguinte) : Identificação da Rede e Tópicos.



3.1. Identificação da Rede

Apresenta numa janela específica as características da rede actual : nome, quantidades de funções objectivo, de nós e de arcos, e tipo de arcos.

3.2. Tópicos

Apresenta todos os tópicos de ajuda associados às opções deste menu.

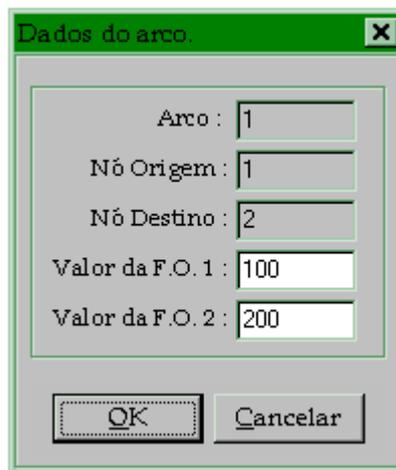
P A R T E 3

Janelas de Diálogo e de Gráficos

Neste capítulo faz-se referência à forma de utilizar as várias janelas da aplicação, quer sejam de diálogo, quer contenham gráficos. Estas janelas servem para fazer a interacção computador-AD.

1. Indicação dos dados associados a cada arco

Permite fornecer os dados associados a cada arco : identificação, nó origem, nó destino e valores das funções objectivo. Por exemplo, a janela seguinte indica que o arco 1 tem origem no nó 1 e destino no nó 2, e que tem associado os valores 100 à função objectivo 1 e 200 à função objectivo 2 — arco $1 = (1, 2)$ e $c(1, 2) = (100, 200)$.



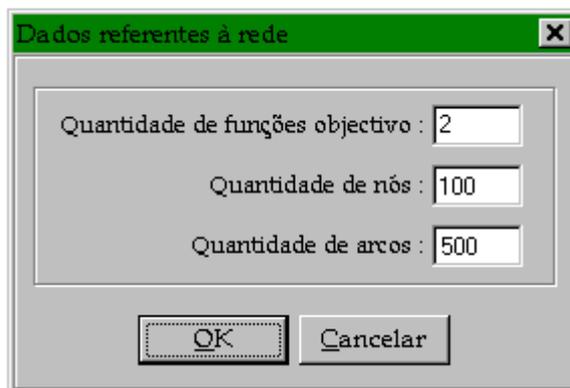
The image shows a dialog box titled "Dados do arco" with a close button (X) in the top right corner. The dialog box contains five input fields and two buttons. The fields are labeled as follows:

- Arco : 1
- Nó Origem : 1
- Nó Destino : 2
- Valor da F.O. 1 : 100
- Valor da F.O. 2 : 200

At the bottom of the dialog box, there are two buttons: "OK" and "Cancelar".

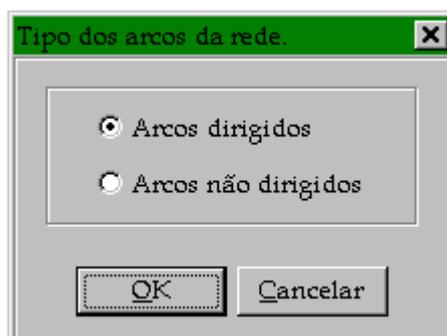
2. Indicação dos dados da rede

Permite fornecer os quantidades de funções objectivo, de arcos e de nós da rede a construir. Por exemplo, a janela seguinte indica que se pretende construir uma rede com 100 nós e 500 arcos, em que cada arco tem associado 2 valores (relativos a 2 funções objectivo).



3. Indicação do tipo de arcos

Permite indicar o tipo de arcos da rede a construir : dirigido e não dirigido (ver definições na Dissertação, Capítulo 2). Por exemplo, de acordo com a janela seguinte, todos os arcos da rede a ser construída serão dirigidos.



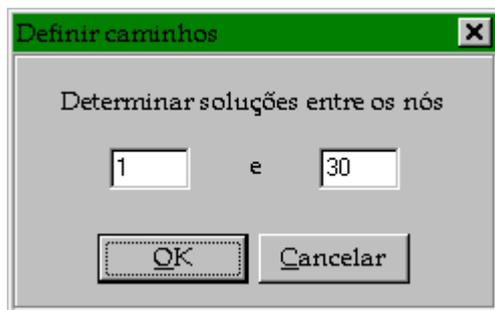
4. Indicação da dimensão das janelas com um gráfico

Permite indicar a dimensão da próxima janela que conterà um gráfico. A dimensão mínima será de 200x200 "pixels" (soluções) ou 400x400 (diagrama de rede). Por exemplo, a janela seguinte indica que a próxima janela a ser aberta contendo um gráfico, terá a dimensão de 200x200.



5. Indicação entre que nós pretende determinar soluções (caminhos)

Permite indicar entre que nós se pretende determinar as soluções (caminhos) não dominadas. Por exemplo, a janela seguinte indica que se irá determinar soluções entre os nós 1 e 30, na rede actual.

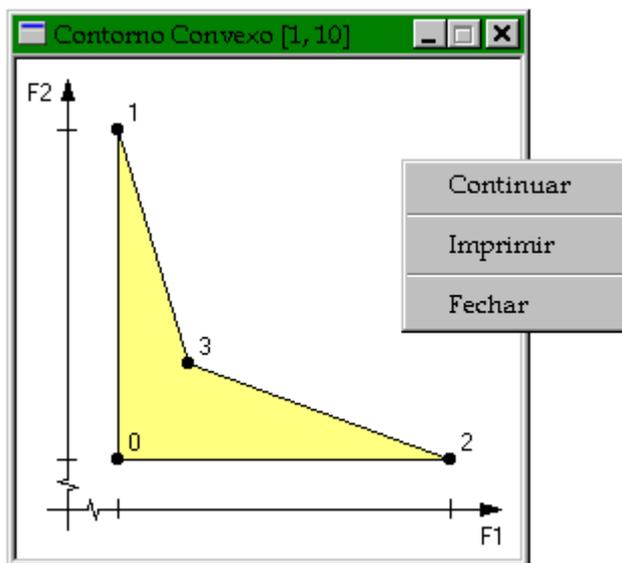


6. Gráfico das soluções do Contorno Convexo

Esta janela contém um gráfico com as soluções do Contorno Convexo (vértices) já determinadas. Este gráfico é actualizado sempre que um novo vértice seja encontrado. Existem 2 tipos de gráficos, consoante o problema seja bi-objectivo ou tri-objectivo.

6.1. Problema bi-objectivo

Sobre esta janela é possível efectuar-se operações como continuar a pesquisa de vértices, imprimir o gráfico e fechar a janela. Estas operações formam um menu "Popup" que surge em qualquer ponto desta janela, quando se clica com o botão direito do rato sobre esse ponto (ver janela seguinte).

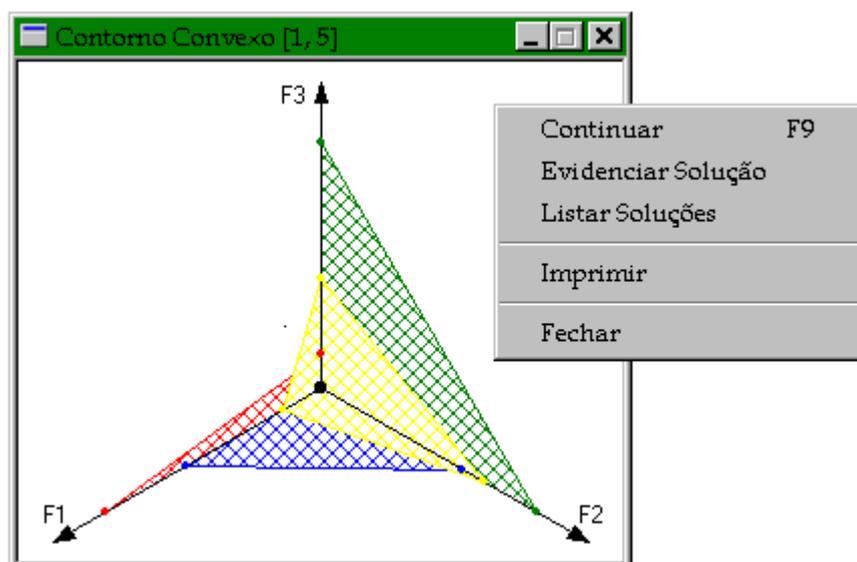


Por exemplo, no gráfico que se encontra na janela anterior, o vértice 3 foi encontrado utilizando a função escalar construída a partir da combinação convexa dos vértices 1 e 2. Se existirem mais vértices, eles terão que ser determinados à custa dos vértices 1 e 3 e/ou 2 e 3.

Também é possível visualizar-se, em rodapé, a informação associada a cada vértice representado no gráfico, bastando, para tal, posicionar-se o rato em cima dele. A informação relativa a cada vértice é a seguinte : identificação, caminho e valores das funções objectivo.

6.2. Problema tri-objectivo

Sobre esta janela é possível efectuar operações como continuar a pesquisa de vértices, evidenciar uma solução, listar as soluções (vértices) uma a uma, imprimir o gráfico e fechar a janela. Estas operações formam um menu “Popup” que surge em qualquer ponto desta janela, quando se clica com o botão direito do rato sobre esse ponto (ver janela seguinte).

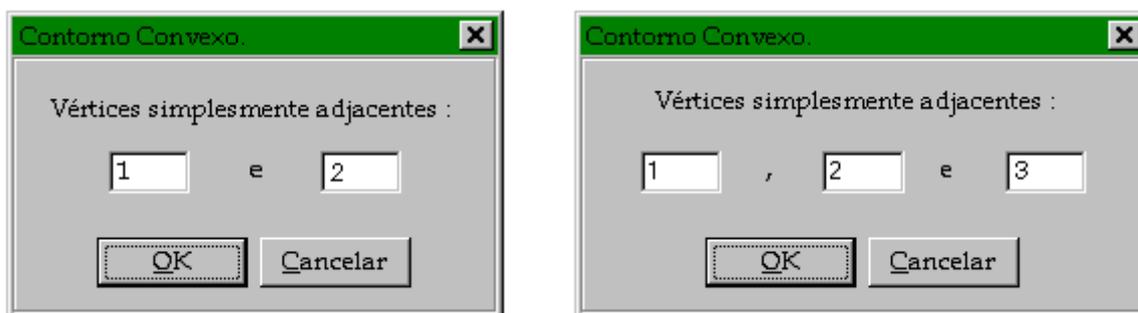


Por exemplo, no gráfico da janela anterior o vértice 4 (amarelo) foi determinado utilizando a função escalar construída a partir da combinação convexa dos vértices 1, 2 e 3 (verde, vermelho e azul, respectivamente).

Com a segunda e terceira opções é possível visualizar-se, em rodapé, a informação associada ao vértice escolhido para ser realçado. A informação associada a cada vértice é a seguinte : identificação, caminho e valores das funções objectivo.

6.3. Continuar (pesquisa de vértices)

Permite pesquisar mais um vértice, sendo necessário, para tal, indicar que combinação de vértices simplesmente adjacentes pretende utilizar na construção da função escalar. Esta indicação é dada através da utilização de uma das próximas janelas de diálogo, conforme a problema seja bi ou tri-objectivo.

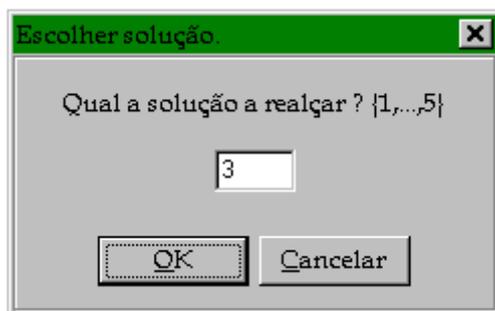


As janelas anteriores indicam que se pretende determinar um novo vértice a partir dos vértices 1 e 2 (primeira) e a partir dos vértices 1, 2 e 3 (segunda).

Caso não seja possível verificar que combinações de vértices são simplesmente adjacentes, deve-se recorrer à tabela que contém essa informação (ver Parte 1 – 3.3).

6.4. Evidenciar Solução

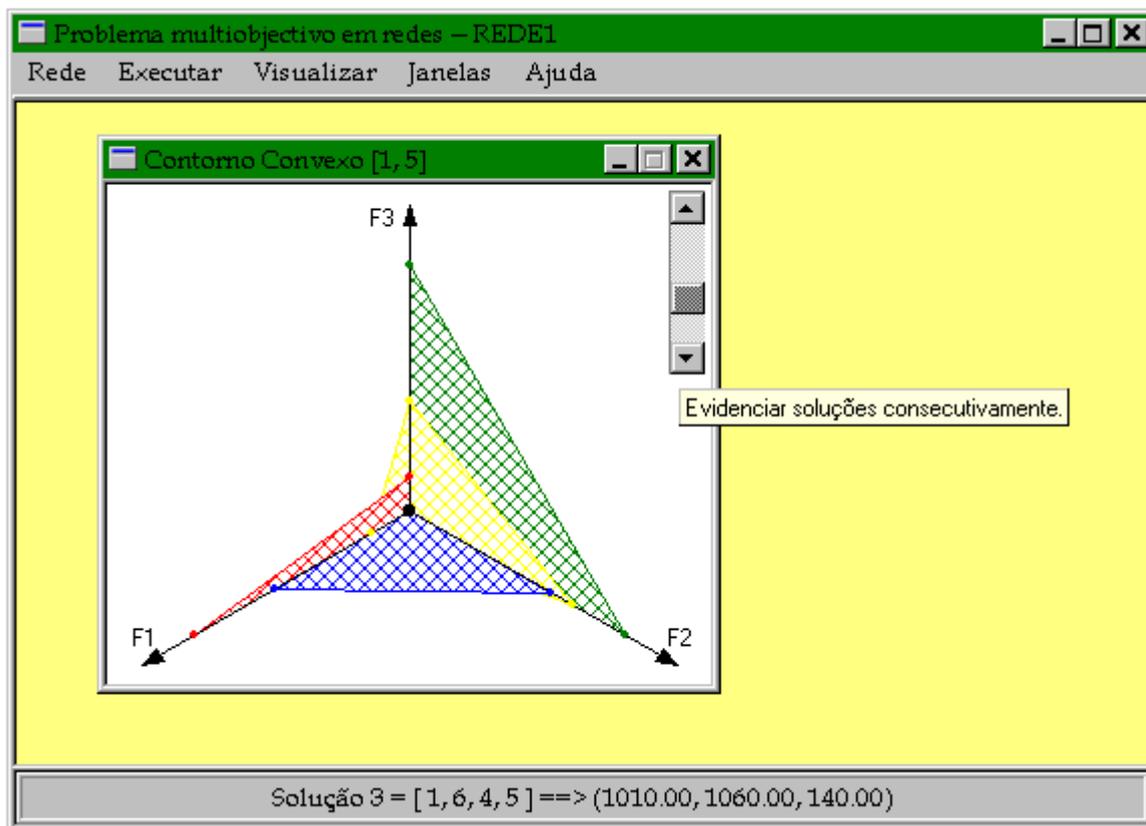
Opção apenas disponível para problemas com três funções objectivo, serve para evidenciar um qualquer vértice do gráfico, de forma a perceber melhor a sua amplitude, uma vez que a forma de representar estes vértices, pode fazer com que ao representar-se um vértice, este “esconda” parcialmente alguns dos outros. Para tal, utiliza-se a janela seguinte.



A janela de diálogo anterior indica que dos vértices que se encontram representados no gráfico (identificados por 1, ..., 5), pretende-se realçar o vértice 3. Desta forma, este vértice é apresentado em evidência no gráfico, ao mesmo tempo que toda a informação associada ao vértice 3 surge em rodapé.

6.5. Listar Soluções (uma a uma)

Opção apenas disponível para problemas tri-objectivo, serve para evidenciar os vértices do gráfico, consecutivamente, de forma a perceber melhor a sua amplitude, uma vez que a forma de representar estes vértices pode “esconder” certos vértices, após a representação de um deles. Para tal, utiliza-se um “Scroll Bar” que surge apenas quando esta opção for seleccionada (janela seguinte).



Ao manipular-se o “Scroll Bar” da janela anterior, o vértice cuja identificação corresponde à posição daquela componente é realçado. Neste caso é realçado o vértice 3 (azul), surgindo simultaneamente em rodapé a informação associada ao vértice. O próximo vértice a ser realçado pode ser o 2 (“Scroll Bar” para cima) ou o 4 (“Scroll Bar” para baixo).

6.6. Imprimir

Imprime o conteúdo da janela, ou seja, o gráfico das soluções não dominadas do Contorno Convexo (vértices) já determinadas.

6.7. Fechar

Fecha esta janela (com o gráfico das soluções do Contorno Convexo).

7. Gráfico das soluções de uma Zona de Desnível de Dualidade

Esta janela contém um gráfico com as soluções já determinadas de uma certa Zona de Desnível de Dualidade, o qual é actualizado sempre que uma nova solução desta região seja encontrada. Os gráficos são de dois tipos, consoante o problema seja bi ou tri-objectivo.

7.1. Definição de uma Zona de Desnível de Dualidade

Uma Zona de Desnível de Dualidade é definida por dois (problema bi-objectivo) ou três (problema tri-objectivo) vértices definitivamente adjacentes. Desta forma, para se analisar uma Zona de Desnível de Dualidade, o utilizador tem que indicar que combinação de vértices definitivamente adjacentes a define. Para tal, existem duas janelas específicas, uma para cada tipo de problema (bi e tri-objectivo).



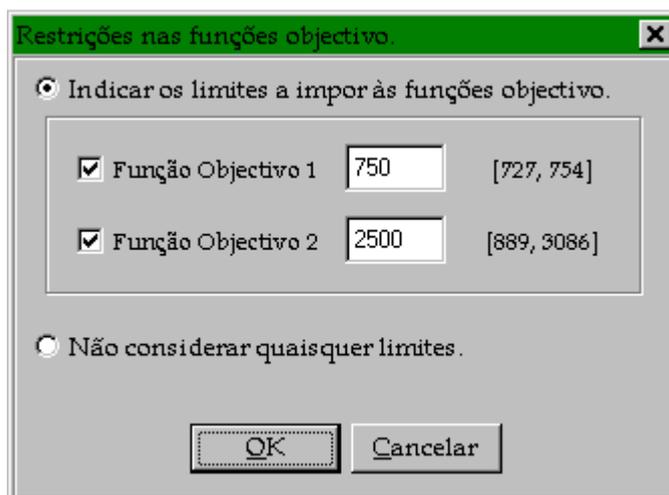
Por exemplo, as janelas anteriores indicam como se definem duas Zonas de Desníveis de Dualidade : uma pelos vértices 2 e 3 (problema bi-objectivo) e outra pelos vértices 1, 2 e 4 (problema tri-objectivo). No entanto, se estas combinações de vértices não forem definitivamente adjacentes, a aplicação detecta tal anomalia indicando esse facto através de uma mensagem de erro, regressando ao estado anterior.

Caso não seja fácil detectar, utilizando apenas o gráfico respectivo, que combinações de vértices são definitivamente adjacentes, pode-se recorrer à tabela que contém todas essas combinações (ver Parte 1 – 3.3).

7.2. Impor restrições ao problema nos valores das funções objectivo

Em qualquer momento da pesquisa de soluções não dominadas numa Zona de Desnível de Dualidade, o AD tem a possibilidade de impor restrições nos valores das funções objectivo. Assim, qualquer solução não dominada cujos valores das funções objectivo não obedeçam às restrições impostas, não é considerada. Para tal existem 2 janelas específicas associadas uma ao problema bi-objectivo e outra ao tri-objectivo. Por exemplo, considere-se dois casos associados a cada tipo de problema.

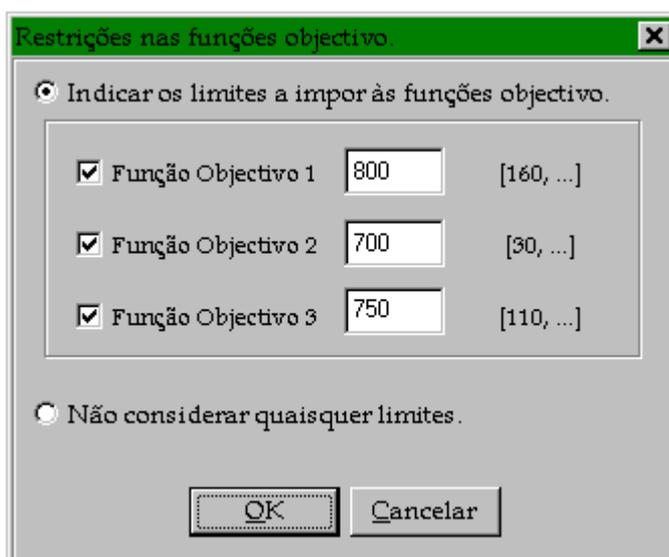
- i) Na resolução de um problema bi-objectivo, o utilizador impôs as seguintes restrições nos valores das funções objectivo : 750 ($750 \in [727, 754] = [\text{mínimo}, \text{máximo}]$) e 2500 ($2500 \in [889, 3086]$), relativos aos objectivos 1 e 2, respectivamente (janela seguinte).



Desta forma, qualquer solução cujos valores das funções objectivo sejam superiores a 750 (primeira) ou a 2500 (segunda) não é considerada.

Para não se impor restrições selecciona-se a opção “Não considerar quaisquer limites”.

- ii) Na resolução de um problema tri-objectivo, o utilizador impôs as seguintes restrições nos valores das três funções objectivo : 800 ($800 > 160$, em que 160 é o valor mínimo), 700 ($700 > 30$) e 750 ($750 > 110$), relativos às funções objectivo 1, 2 e 3, respectivamente (janela seguinte); desconhecem-se os valores máximos que os objectivos podem atingir.



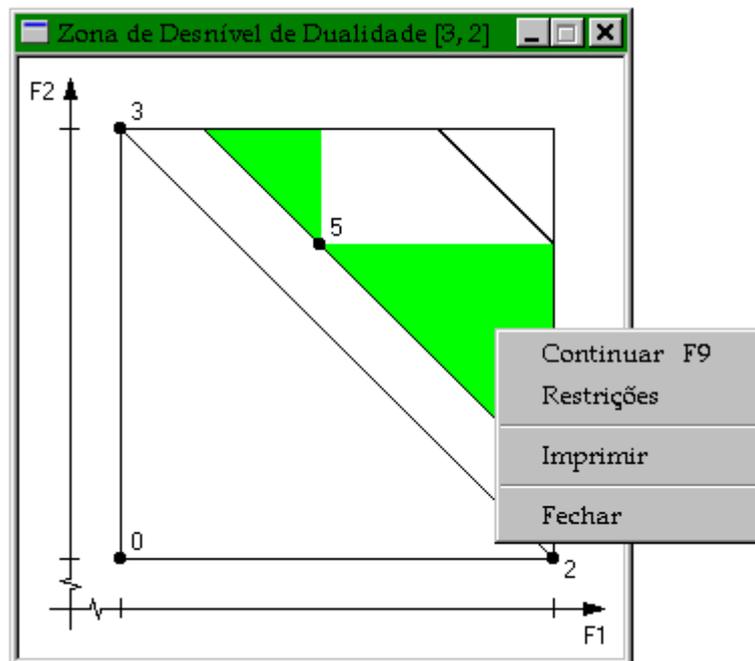
Desta forma, qualquer solução cujos valores das funções objectivo sejam superiores a 800 (1), a 700 (2) ou a 750 (3) não é considerada.

Para não se impor restrições selecciona-se a opção “Não considerar quaisquer limites”.

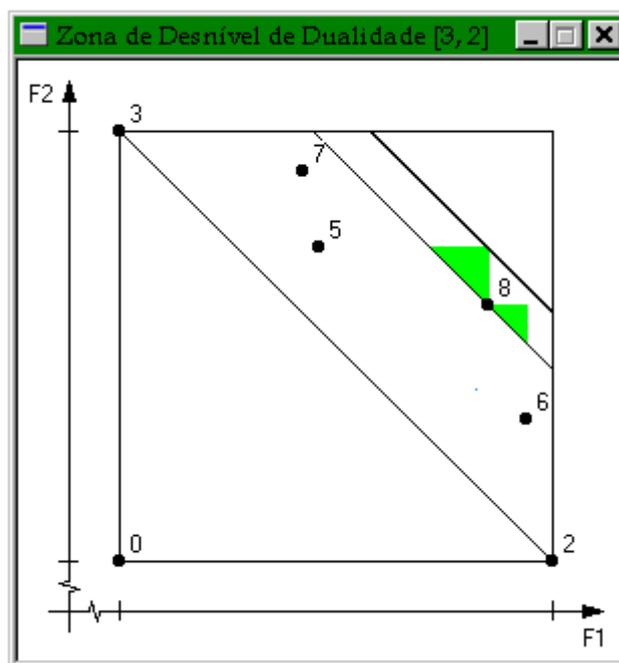
7.3. Problema bi-objectivo

Esta janela contém um gráfico, onde se encontram as soluções não dominadas pertencentes a uma certa Zona de Desnível de Dualidade, que vão sendo determinadas. Sobre este gráfico é possível efectuar-se operações como continuar a pesquisa de soluções, impor restrições nos valores das funções objectivo, imprimir o gráfico e fechar a janela. Estas operações formam um menu "Popup" que surge em qualquer ponto da respectiva janela, quando se clica com o botão direito do rato sobre esse ponto (ver janela seguinte).

Também é possível visualizar-se em rodapé, a informação associada a cada solução do gráfico, bastando, para tal, posicionar-se o rato em cima dela. A informação associada a cada solução é a seguinte : identificação, caminho e valores das funções objectivo.



Por exemplo, as janelas anterior e seguinte correspondem ao mesmo gráfico em duas fases distintas : inicial (encontrou-se a solução 5) e após seleccionar a opção "Continuar" pela terceira vez consecutiva (encontraram-se as soluções 6, 7 e 8).



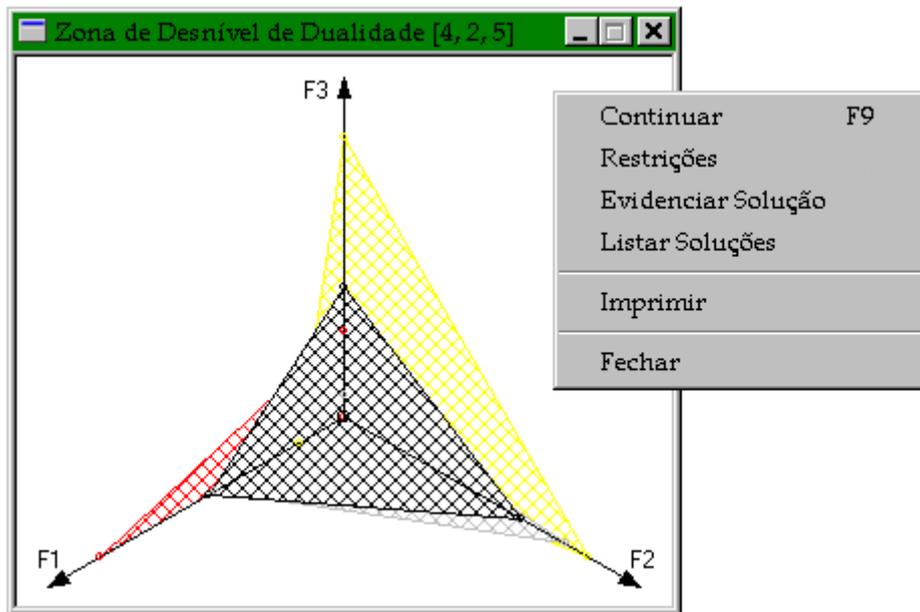
Neste último gráfico, as soluções 2 e 3 são as que definem a Zona de Desnível de Dualidade (ver título da janela), as soluções 5, 6, 7 e 8 são as que pertencem a esta zona e que foram encontradas após se seleccionar a opção “Continuar” quatro vezes consecutivas, as regiões a cheio indicam os locais onde ainda pode existir soluções não dominadas e o traço mais carregado (paralelo ao segmento $\overline{23}$) indica um limite a partir do qual não existem soluções não dominadas (apenas podem existir soluções dominadas — ver Dissertação, Capítulo 5). O ponto 0 representa a solução ideal.

7.4. Problema tri-objectivo

Esta janela contém um gráfico onde se encontra as soluções não dominadas pertencentes a uma certa Zona de Desnível de Dualidade, que vão sendo determinadas. Sobre este gráfico é possível efectuar-se operações como continuar a pesquisa de soluções, impor novas restrições nos valores das funções objectivo, evidenciar uma qualquer solução, listar as soluções uma a uma, imprimir o gráfico e fechar a janela. Estas operações formam um menu “Popup” que surge em qualquer ponto desta janela, quando se clica com o botão direito do rato sobre esse ponto (ver janela seguinte).

Também é possível colocar em evidência uma qualquer solução representada no gráfico, assim como visualizar-se, em rodapé, a informação associada a essa solução. Para tal, basta seleccionar-se a terceira ou quarta opções. A informação associada a cada solução é a seguinte : identificação, caminho e valores das funções objectivo.

Por exemplo, o gráfico seguinte apresenta a Zona de Desnível de Dualidade definida pelos vértices 2, 4 e 5 (título da janela), no qual se encontram representadas estas soluções (amarela, vermelha e prateada, respectivamente), assim como a solução 6 (preta) que pertence a esta Zona de Desnível de Dualidade.



7.5. Continuar (pesquisa de soluções)

Permite continuar com a pesquisa de soluções numa Zona de Desnível de Dualidade, bastando para tal seleccionar a opção "Continuar" (não é necessário informação adicional). Se for encontrada qualquer solução, o gráfico sofre a devida actualização.

8. Gráfico das soluções em todo o espaço dos objectivos

Esta janela contém um gráfico com as soluções que vão sendo determinadas, segundo uma determina direcção de pesquisa, de acordo com o método proposto para determinar soluções em todo o espaço dos objectivos (ver Dissertação, Capítulo 5). Este gráfico é actualizado sempre que uma solução não dominada é encontrada. Os gráficos utilizados são de dois tipos, consoante o problema seja bi-objectivo ou tri-objectivo (ver 7.3 e 7.4).

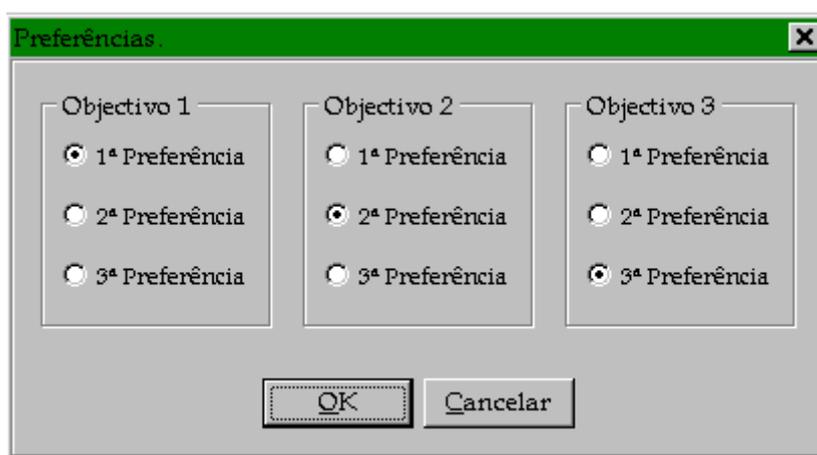
9. Gráfico da solução para o problema de Encaminhamento

Esta janela apresenta um gráfico que mostra as zonas de prioridade e a solução determinada (segundo os requisitos de QoS). Existem dois tipos de gráficos, conforme se trata de problemas bi ou tri-objectivo.

Para construir as zonas de prioridade são utilizadas duas janelas de diálogo, uma para indicar as preferências entre as funções objectivo e a outra para indicar os requisitos de QoS.

9.1. Indicar preferências entre as funções objectivo

Como podem existir várias regiões com a mesma prioridade, pode ser necessário dar preferências a algumas delas em relação a outras. Para que tal aconteça, basta atribuir preferências entre as funções objectivo, uma vez que aquelas regiões se diferenciam a partir daquelas funções, utilizando a seguinte janela :



Por exemplo, na resolução de um problema tri-objectivo (janela anterior), o utilizador indicou a preferência da primeira função objectivo em relação à segunda e desta em relação à terceira : ao *objectivo 1* foi atribuído a 1ª preferência, ao 2 a 2ª e ao 3 a 3ª. Refira-se que os objectivos podem ter todos a mesma preferência, bastando atribuir a todos eles a 1ª preferência.

9.2. Indicar os requisitos de QoS

Para se construir as regiões de prioridade é necessário indicar valores associados às funções objectivo — os chamados requisitos de QoS. Para tal, existem duas janelas para esse efeito, consoante o problema é bi ou tri-objectivo. Considere-se dois casos, associados aos dois tipos de problemas.

- i) Na resolução de um problema bi-objectivo (janela seguinte), o utilizador indicou os seguintes requisitos de QoS (valor requerido, valor aceitável) : (400, 1100) e (500, 920) para as funções objectivo 1 e 2, respectivamente. Os valores mínimos e máximos para cada função objectivo são : 40 e 1600 (objectivo 1) e 40 e 1600 (objectivo 2).

The dialog box 'Níveis de aspiração e de reserva.' contains the following data:

	FO 1	FO 2
Valor requerido :	400	500
	[40 .. 1600]	[40 .. 1600]
Valor aceitável :	1100	920

Buttons: OK, Cancelar

- ii) Na resolução de um problema tri-objectivo (janela seguinte), o utilizador indicou os seguintes requisitos de QoS (valor requerido, valor aceitável) : (200, 500), (300, 500) e (350, 600) para as funções objectivo 1, 2 e 3, respectivamente. Os valores mínimos para cada função objectivo são : 40 (objectivo 1), 40 (objectivo 2) e 140 (objectivo 3). Os valores máximos não são conhecidos.

The dialog box 'Níveis de aspiração e de reserva.' contains the following data:

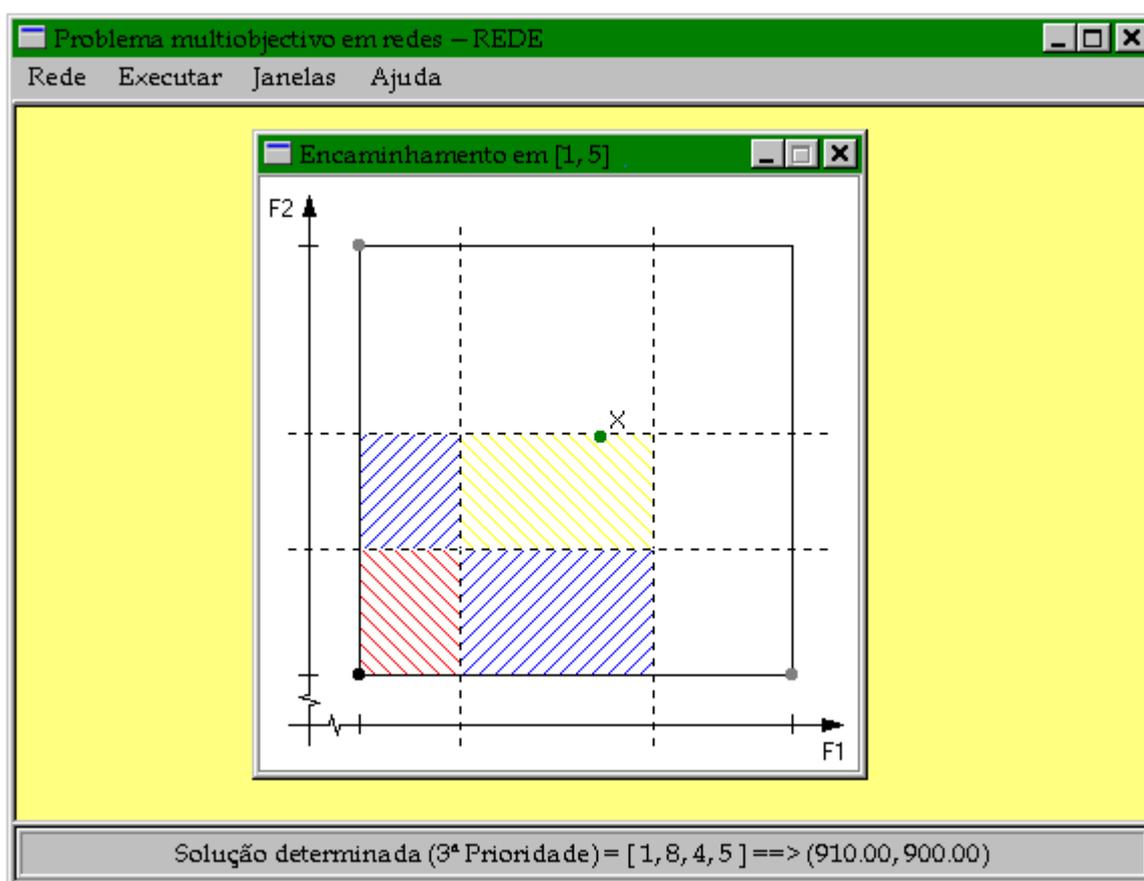
	FO 1	FO 2	FO 3
Valor requerido :	200	300	350
	[40 .. ?]	[40 .. ?]	[140 .. ?]
Valor aceitável :	500	500	600

Buttons: OK, Cancelar

9.3. Problema bi-objectivo

Neste gráfico as regiões de prioridade são representadas por rectângulos e a solução encontrada por um ponto e identificada por X.

Por exemplo, no gráfico seguinte encontram-se representadas as soluções que optimizam separadamente as duas funções objectivo, a solução ideal e a solução que foi a determinada de acordo com os requisitos de QoS indicados em (9.2-i)). Esta solução, que é de 3ª prioridade, é a seguinte (ver rodapé) : $p = [1, 8, 4, 5] \implies (910, 900)$.



9.4. Problema tri-objectivo

Neste gráfico apenas são representados os valores requerido (triângulo interior) e aceitável (triângulo exterior); o ponto central corresponde à solução ideal. A solução aparece representada no gráfico por um triângulo cujos vértices se situam sobre os eixos, os quais correspondem às diferenças entre os valores de cada função objectivo associado à solução e o valor óptimo dessa mesma função objectivo (solução ideal).

Por exemplo, no gráfico seguinte encontra-se representada a solução determinada de acordo com os requisitos de QoS indicados em (9.2-ii)). Esta solução, que é de *última chance*, é a seguinte (ver rodapé) : $p = [1, 6, 3, 4, 5] \implies (320, 1220, 270)$.

