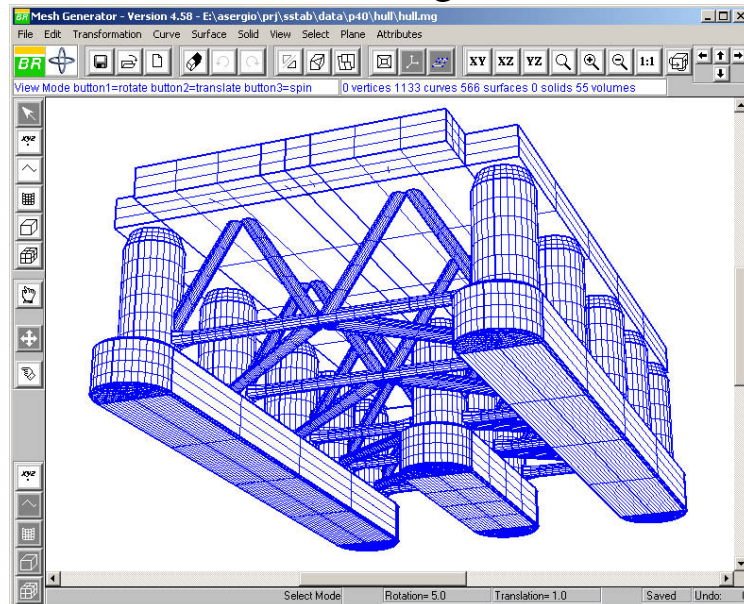


Manual do Programa MG
Versão 4.58
Modelador Geométrico gerador de malhas



Luiz Cristovão Gomes Coelho
lula@tecgraf.puc-rio.br
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
TeCGraf - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea
22453-900 - Rio de Janeiro - BRASIL
Fone: (21) 2512-5984
Fax: (21) 3114-1848

26 de agosto de 2002

Sumário

Prefácio	ix
I Manual do Usuário	xi
1 Introdução	1
1.1 Requisitos Mínimos	2
1.2 Instalação	2
1.2.1 Variável de ambiente MG	3
1.3 Arquivo de undo	3
1.4 Uso do mouse	4
2 Símbolos Gráficos	5
2.1 Entidades Gráficas	5
2.1.1 Criação	6
2.1.2 Remoção	6
2.1.3 Cópias	7
2.2 Objetos Gráficos	7
3 Modos de Interface com o Usuário	11
3.1 Seleção	12
3.1.1 Tolerância e Proximidade	13
3.1.2 Prioridade de Seleção	14
3.1.3 Atração de Vértices	15
3.2 Mudança de Projeções	16
3.3 Edição do Plano de Interface	19
3.4 Transformações por Manipulação Direta	21
3.5 Criação	23
3.5.1 Transformação 2D para 3D	23
3.5.2 Atração para o grid	24
3.5.3 Keyboard	24
3.5.4 Atração para outros vértices	24

3.6	Criação de Curvas	24
3.6.1	Splines	25
3.6.2	Segmentos de Reta	26
3.6.3	Arcos de Círculo	27
3.7	Criação de Vértices	27
3.8	Criação de Malhas de Superfície	28
3.8.1	Bilineares	29
3.8.2	Trilineares	30
3.8.3	Sweeps Rotacionais	31
3.8.4	Sweeps Translacionais	32
3.8.5	Sweeps Genéricos	32
3.8.6	Transição	32
3.8.7	Triangulação	34
3.9	Criação de Malhas 3D	34
3.9.1	Extrusion	35
3.9.2	Csweep	36
3.9.3	Ssweep	36
3.10	Criação de Tanques	36

II Manual de Referência 39

4	Funções do mg 40
4.1	Menu File 40
4.1.1	Restart 40
4.1.2	Append 40
4.1.3	Open 41
4.1.4	Save 41
4.1.5	Save As 41
4.1.6	Output mesh 41
4.1.7	Export 42
4.1.8	Exit 43
4.2	Menu Edit 43
4.2.1	Undo 43
4.2.2	Redo 43
4.2.3	Delete 43
4.2.4	Create copys 44
4.2.5	Atract 44
4.2.6	Undoing 44
4.2.7	keyboard 44
4.2.8	Snap to Vertices 44
4.2.9	Fixmodel 45
4.3	Menu Transformation 45

4.3.1	Rotate around global X	45
4.3.2	Rotate around global Y	45
4.3.3	Rotate around global Z	45
4.3.4	Translate along global X	45
4.3.5	Translate along global Y	45
4.3.6	Translate along global Z	45
4.3.7	Scale (Sx,Sy,Sz)	45
4.3.8	Repeat Transformation	45
4.3.9	Set transformation values	46
4.3.10	Mirror over interface plane	46
4.3.11	Cut using interface plane	46
4.4	Menu Curve	46
4.4.1	Polyline	46
4.4.2	Spline	46
4.4.3	Arc	46
4.4.4	Set subdivisiion	49
4.4.5	Subdivide selected	49
4.4.6	Invert subdivisions	49
4.4.7	Join selected curves	49
4.4.8	Split selected curves	50
4.4.9	Edit again	50
4.5	Menu Surface	50
4.5.1	Bilinear coons	50
4.5.2	Trilinear coons	50
4.5.3	Planar	50
4.5.4	Translational sweep	50
4.5.5	Rotational sweep	50
4.5.6	Generic sweep	50
4.5.7	Quadrilaterals	50
4.5.8	Triangles leftcross	51
4.5.9	Triangles rightcross	51
4.5.10	Triangles unionjack	51
4.5.11	Triangles bestcross	51
4.5.12	Boundary contraction	51
4.5.13	Invert orientation	52
4.5.14	Intersect surfaces	52
4.6	Menu Solid	52
4.6.1	Extrusion	52
4.6.2	Curved sweep	52
4.6.3	Spline sweep	52
4.6.4	Tetrahedrals	52
4.7	Menu View	52

4.7.1	Redraw	54
4.7.2	Border	54
4.7.3	Double buffer	54
4.7.4	Shading	54
4.7.5	Wireframe	54
4.7.6	ZBuffer	54
4.7.7	Painter	54
4.7.8	Entities	54
4.7.9	Symbols	55
4.7.10	Clip entities	57
4.7.11	Use origin	57
4.7.12	Record AVI	57
4.8	Menu Select	58
4.8.1	Vertices	58
4.8.2	Curves	58
4.8.3	Surfaces	58
4.8.4	Solids	58
4.8.5	Volumes	58
4.8.6	All entities	58
4.8.7	Multiple Pick	58
4.8.8	Quick Pick	58
4.8.9	Invert	58
4.8.10	All	58
4.9	Toolbar horizontal	59
4.10	Botões da toolbar vertical	59
III Construção de Modelos		61
5 Modelos exemplo		62
5.1	Encontro tubular	62
5.2	Casco de navio	63
5.3	Modelo para análise de estabilidade	64
A Especificação do arquivo de cores		70
B Especificação do arquivo de primitivas		72
B.1	plane	73
B.2	world	73
B.3	gest	74
B.4	vertex	74
B.5	curve	74
B.5.1	spline	75

	B.5.2	straight	75
	B.5.3	arc	76
B.6	mapp		76
	B.6.1	bilinear	76
	B.6.2	trilinear	77
	B.6.3	triangulation	77
	B.6.4	sweep	77
	B.6.5	rsweep	77
	B.6.6	gsweep	78
	B.6.7	transition	78
B.7	solid		78
	B.7.1	extrusion	79
	B.7.2	csweep	79

Lista de Figuras

1.1	Nomenclatura usada para referência aos botões do <i>mouse</i>	4
2.1	Organização das Entidades Gráficas	6
2.2	Desenho do <i>Mundo</i> de um Modelo de rotação	8
2.3	Desenho do <i>Plano</i> de interface	9
2.4	Desenho do <i>Cursor</i> na criação de uma curva	10
2.5	<i>Eixo Local</i> para manipulação de uma curva	10
3.1	Toolbar vertical	12
3.2	Interface para alteração da tolerância de atração e seleção	14
3.3	Atração de vértices na modelagem de curvas.	15
3.4	Atração de vértices na geração da malha final.	16
3.5	Parâmetros de visualização e posição inicial da câmera	17
3.6	Rotação da câmera em torno de eixos.	18
3.7	Translação da câmera (a) eixo vertical e (b) eixo horizontal	18
3.8	Rotação radial da câmera	19
3.9	Aproximação da câmera	20
3.10	Modo de controle do plano de interface	21
3.11	Modo de transformações por manipulação direta	22
3.12	Diálogo para transformação por manipulação direta	22
3.13	Etapa 1: interseção com o plano de interface	23
3.14	Modo de criação de curvas acionado	25
3.15	Spline com 3 trechos	26
3.16	Curva composta por segmentos de reta	27
3.17	Arco de círculo	27
3.18	Modo de criação de vértices	28
3.19	Modo de criação de malhas	29
3.20	Mapeamentos Bilineares	30
3.21	Mapeamento Trilinear	31
3.22	Diálogo de atributos e mapeamento rsweep	31
3.23	Diálogo de atributos e mapeamento sweep	32
3.24	Mapeamento gsweep aplicado a uma trajetória arc	33
3.25	Numeração dos vértices em um arquivo de mapeamento de transição	33

3.26	Numeração dos vértices em uma transição tipo $m = 3$ $n = 4$	34
3.27	Mapeamento transition com $m = 3$ e $n = 4$	35
3.28	Mapeamento triangulation com 3 curvas	35
3.29	Modo de criação de sólidos	36
3.30	Diálogo para definição dos parâmetros da extrusão	37
3.31	Mapeamento gerador e sólido do tipo extrusion	37
3.32	Mapeamento e curva geradores e o sólido csweep	38
3.33	Malhas selecionadas para criação de um objeto tipo tank	38
3.34	Indicação de região não fechada na criação de tank	38
4.1	Diálogo de arquivo não salvo	40
4.2	Diálogo de Acréscimo de Modelo	41
4.3	Diálogo de exportação de arquivos para elementos finitos	42
4.4	Diálogo de abandono de edição	43
4.5	Diálogo entrada de coordenadas pelo teclado	44
4.6	Espelhamento aplicado a um modelo de plataforma semi-submersível.	47
4.7	Operação Cut feita em modelo esférico.	48
4.8	Diálogo de subdivisão de curvas	49
4.9	Operação Invert na subdivisão de curvas.	49
4.10	Triangulação unionjack	51
4.11	Triangulação bestcross	51
4.12	Operação Intersect em malhas tipo rsweep	53
4.13	Diálogo com a opção Wireframe ativada no menu View	55
4.14	Diálogo com a opção ZBuffer ativada no menu View	56
4.15	Diálogo do modo de seleção Multiple Pick	59
4.16	Toolbar horizontal e funções associadas	59
5.1	Curvas geradoras das superfícies que se interceptam	62
5.2	Superfícies geradoras dos pontos de interseção	63
5.3	Curva de interseção	64
5.4	Mapeamentos adjacentes à curva de interseção	65
5.5	Modelo após dois espelhamentos	65
5.6	Parte inferior do modelo	66
5.7	Modelo final	66
5.8	Seções transversais do casco	67
5.9	Mapeamentos bilineares do casco	67
5.10	Arco de círculo representando o mar	67
5.11	Triangulação de delaunay gerada para representar o mar	68
5.12	Modelo para análise de estabilidade	68

Lista de Tabelas

2.1	Visualização dos objetos nos diversos módulos	9
B.1	Identificadores dos comandos	72

Prefácio

A primeira versão do MG foi feita durante o Convênio PUC-Petrobras de 1992, e objetivava a geração de malhas sobre cascas de geometrias *simples*. Estas malhas eram importadas no programa MI [6], através do Arquivo Neutro [5], e unidas umas às outras, possibilitando a construção de modelos mais *complexos*. Devido ao rápido desenvolvimento, possibilitado pela filosofia de programação orientada a objetos utilizada, o MG migrou para a versão 2.0 antes de completar o primeiro ano de existência, e os objetivos iniciais foram totalmente redefinidos. A diversidade de formas geométricas implementadas (curvas e superfícies), a interface com o usuário no ambiente 3D, a variedade de transformações geométricas tridimensionais, e a estrutura de dados implementados, tornaram o MG um modelador capaz de construir os modelos complexos sem a necessidade de uso do MI que atualmente é usado para a definição dos atributos das malhas.

A filosofia de programação orientada ao objeto, que usa linguagem C padrão ANSI, as metodologias de mapeamentos transfinitos, e as bibliotecas gráficas G3D e V3D [2], foram algumas das tecnologias que o Prof. Luiz Fernando Martha trouxe para o TeCGraf, e que estão implementadas no MG. Ao Prof. Luiz Fernando Martha o autor agradece não apenas os algoritmos e idéias, mas também o incentivo dado ao longo do desenvolvimento do programa.

Na versão atual, o MG é usado no Centro de Pesquisas da Petrobrás em dois setores da DIPREX - Divisão de Projetos de Exploração, com objetivos distintos. No SEDEM - Setor de Desenvolvimentos, o programa é usado para geração de malhas para análises de tensões estruturais, e para cálculo de flutuação no domínio da frequência. No SEPRON - Setor de Projetos Navais, o programa é usado para gerar malhas para análises de estabilidade de estruturas flutuantes. Apesar dos atributos envolvidos serem diferentes, a modelagem geométrica destas estruturas pode ser feita da mesma forma, e através de arquivos no formato dos programas de análise dos modelos gerados é que se particulariza o uso.

O MG contém as implementações das idéias da pesquisa de tese de doutorado do autor, com a orientação valiosa do Prof. Marcelo Gattass. Tal pesquisa encontra-se em fase final de implementações, e ainda pretende gerar algumas melhorias em todas as funcionalidades do MG, mais especificamente na estrutura de dados, que terá efeitos no uso do sistema, no cálculo das interseções, e na interface com o usuário.

O autor gostaria de destacar a participação da Prof^a Clarisse Sieckenius de Souza, do Departamento de Informática da PUC-RJ, na reestruturação da interface do programa durante a transformação para a Versão 3.0. Além da evolução da interface do MG, este trabalho

de interfaces gerou um artigo publicado no VIII SIBIGRAPI [3], onde apresenta-se testes pilotos com a interface antes e depois da redefinição para a Versão 3.0.

Também participaram do desenvolvimento deste programa a equipe do TeCGraf, que não deixa dúvidas da impossibilidade de realização deste trabalho em outro ambiente, e de João Luiz Elias Campos nas implementações da classe *solid*. Destacam-se ainda, as contribuições dos engenheiros Adilson Carvalho Benjamin, da DIPREX-SEDEM e Isaias Quaresma Masetti, Marco Antônio L. Tetkovic, Mauro Costa de Oliveira e Eduardo Vardaro, do DIPREX-SEPRON, que tiveram participação efetiva na especificação, teste e no projeto do programa. Por ter sido o único testador da versão para Linux, o autor agradece as contribuições do engenheiro Marcos Donato do SEDEM.

Este manual está organizado em 3 partes. A Parte I, que corresponde ao Manual do Usuário, contém a descrição do sistema de uma forma detalhada no que diz respeito aos símbolos gráficos utilizados, às entidades gráficas, e aos modos de interface.

Na Parte II, o Manual de Referência, apresenta-se todas as funcionalidades do sistema. Esta parte destina-se a usuários já acostumados ao programa, e que necessitam apenas de uma consulta a algum item presente no diálogo, ou esclarecimento sobre alguma função específica do programa.

Na Parte III, Construção de Modelos, apresenta-se com alguns exemplos as técnicas que podem ser usadas para a geração de modelos comumente usados no CENPES.

Luiz Cristovão Gomes Coelho

11 de Abril de 1996

Parte I

Manual do Usuário

Capítulo 1

Introdução

O sistema MG (*mesh generator*) é um gerador de malhas para modelos tridimensionais de elementos finitos de casca ou de sólidos. Por ter sido desenvolvido sobre a interface IUP/LED [7], possui funcionamento bastante dinâmico, sendo orientado pelos menus e diálogos que controlam o programa. Embora o objetivo do programa seja a geração de mapeamentos de superfície¹ (casca), ou volumétricos² (elementos sólidos), o usuário deve ter em mente que a construção de curvas forma a base para a geração dos mapeamentos, e que a malha final de elementos finitos é formada pela integração de todos os mapeamentos criados, feita automaticamente pelo sistema através da atração devido à proximidade dos vértices, na geração dos arquivos para análise.

Dentre as características principais do programa encontram-se a manipulação direta das entidades gráficas e o uso de um plano de interface para entrada das coordenadas tridimensionais. A manipulação direta das entidades gráficas (vértices, curvas, malhas 2d, malhas 3d, e tanques) é feita diretamente na área de desenho³ através dos botões do *mouse*, estas operações são orientadas pelo plano de interface que faz a transformação do espaço bidimensional para o tridimensional. A interface por manipulação direta permite maior liberdade durante a criação da geometria, porém, se o usuário conhece as coordenadas ou deseja fazer as transformações usando os menus, as mesmas funcionalidades estão previstas pelos itens dos menus do programa.

O MG foi desenvolvido no âmbito do Convênio CENPES/PUC e foi especificado para fazer apenas a modelagem da geometria, ou seja, gerar as coordenadas dos vértices e a conectividade dos elementos da malha. O tratamento dos atributos, tais como carregamentos, características dos materiais, condições de contorno e análise não linear é abordado pelo programa MI [6]. O MI é capaz ainda de fazer a integração das diversas malhas geradas pelo MG e criar elementos novos, se houver necessidade.

No que diz respeito ao modo de operação pode-se dizer que a interface do MG é uma

¹Também referenciados como malha2d.

²Também referenciados como malha 3d.

³Neste manual a área de desenho é referenciada também como *canvas*, que é um termo comum nos sistemas gráficos atuais.

adaptação de interfaces de programas vetoriais de desenho bidimensionais, com a diferença básica de que ela simula o ambiente tridimensional, usando um plano móvel de interface. Existem vários modos de interação: o de seleção, o de mudança de projeções, o de edição do plano de interface, o de transformações por manipulação direta, e os modos de criação de vértices, curvas e mapeamentos 2d e 3d. Estes modos possuem interface totalmente distinta e possuem *feedback* específico para orientar as tarefas disponíveis, e são apresentados no Capítulo 3.

1.1 Requisitos Mínimos

O processo de modelagem feito pelo MG pode requerer um espaço considerável de memória do computador. Consegue-se gerar malhas com até 10.000 elementos em computadores com 8 MBytes de RAM, sem a necessidade de uso da área de *swap* em disco. Estima-se que é possível gerar malhas com até 50.000 elementos em ambientes Windows (3.1 com Win32s⁴, NT, e 95), com um funcionamento satisfatório, usando menos de 16 MBytes de memória.

Nas versões para UNIX basta que se tenha o XWindows instalado com o gerenciador de interfaces Motif.

Em termos de hardware, para que o sistema tenha um funcionamento razoável, a configuração mínima recomendável é:

- Microcomputador PENTIUM III 850 MHZ;
- 128 Mbytes de memória RAM;
- Placa de Video de 32 Mbytes com suporte OnpenGL;
- *mouse* com pelo menos dois botões de controle;
- espaço em disco suficiente para os arquivos da malha.

O sistema possui versões para *workstations* RISC-6000, Sun SPARK stations, e Silicon Graphics. Existe versão para máquinas que rodem Linux, também com o Motif. Nestes ambientes basta que o monitor seja colorido para que o sistema funcione satisfatoriamente.

1.2 Instalação

O sistema MG é formado pelo programa principal e pelos arquivos de especificação de diálogos, implementados na linguagem LED. Na versão Windows, o executável é um binário com aproximadamente 820 Kbytes e os arquivos de especificação de diálogos ocupam aproximadamente 30 Kbytes de espaço em disco. Para as versões UNIX, o executável possui cerca de 1 Mb, sem as informações de *debug*.

⁴Nas versões para Windows 3.1 deve-se prever a instalação do controlador de aplicações de 32 bits, o Win32s. Disponível via ftp em [ftp.microsoft.com/softlib/mslfiles/pw1118.exe](ftp://ftp.microsoft.com/softlib/mslfiles/pw1118.exe), ou com o TeCGraf.

Temos portanto:

mg.exe programa executável

mg.led arquivo de especificação do diálogo principal

icos.led arquivo de especificação dos ícones

Os outros arquivos interpretados pelo MG são o arquivo de configuração de cores, o *mgcolor*, e os arquivos gerados pelo próprio sistema, chamados de arquivos de primitivas gráficas. Para efeito de simplicidade convencionou-se usar a extensão *.mg* para os arquivos de primitivas gráficas. Os Apêndices A e B apresentam a descrição dos arquivos de cores e do arquivo de primitivas gráficas, respectivamente.

1.2.1 Variável de ambiente MG

Para permitir a execução do MG de outros diretórios, viabilizando o uso compartilhado em redes, deve-se atualizar a variável de ambiente MG, que informa ao sistema o caminho para os arquivos de especificação de diálogos (*mg.led* e *icos.led*).

Em ambientes Windows basta incluir no arquivo *.ini*:

```
set MG=caminho,
```

Em UNIX usando *cshell*:

```
setenv MG caminho
```

Em UNIX usando *kshell*:

```
export MG=caminho
```

Além da variável de ambiente, é necessário informar ao sistema a localização do programa executável, digitando o caminho completo antes do nome *mg* ou colocando o caminho no *PATH* do sistema.

1.3 Arquivo de undo

O MG cria automaticamente um arquivo para armazenar as diversas etapas de edição do modelo, chamado de *mgundo*. Este arquivo possui a mesma sintaxe do arquivo de primitivas acrescido de uma linha indicadora da posição do *undo*, que separa cada uma das etapas. Quando o usuário chama a função de *undo* do programa este arquivo é usado para fazer as alterações necessárias à estrutura de dados. Ao terminar a execução do programa, o MG não remove este arquivo, ele é reinicializado ao se executar o programa novamente.

Uma outra possibilidade de uso deste arquivo de *undo* ocorre quando acontece alguma falha no sistema ou interrupção de energia. Pode-se recuperar o estado imediatamente anterior à interrupção chamando o programa com o parâmetro *-r* na linha de comando. Este parâmetro faz com que o MG recupere o estado citado através da leitura do arquivo de *undo* até o último nível. Atenção especial deve ser dispensada quando se aciona o programa com este modo com relação ao nome do arquivo, que por não se encontrar no arquivo *mgundo* deve ser fornecido usando-se a função **save As**, pois o nome *default* é *noname.mg*.

O *mgundo* é criado no diretório de onde se chamou o programa. Não havendo permissão para escrita neste diretório, o programa avisa ao usuário que não é possível criar o *mgundo* e desativa o modo de *undo* acionando a opção *undoing* no menu *Edit*.

1.4 Uso do mouse

O sistema pode ser operado por *mouses* que possuem 2 ou 3 botões. Para *mouses* que possuem apenas 2 botões, usa-se a tecla *Ctrl* simultaneamente pressionada com o botão 1 para se simular o uso do botão 2. Na Figura 1.1 mostra-se as posições dos botões dos dois tipos de *mouse* que podem ser usados pelo sistema e também a nomenclatura usada para referências a estes botões ao longo deste texto.

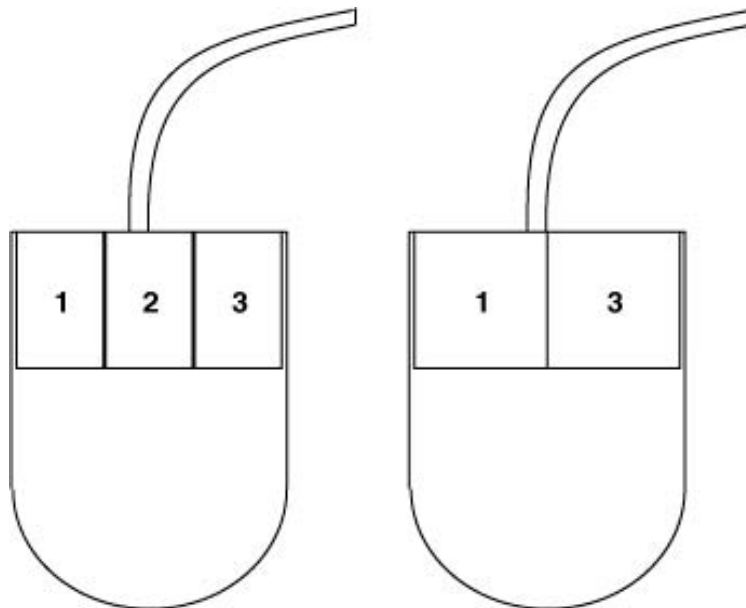


Figura 1.1: Nomenclatura usada para referência aos botões do *mouse*

Capítulo 2

Símbolos Gráficos

Uma utilização eficiente do MG está estritamente relacionada com a compreensão dos símbolos que são desenhados no *canvas*. Alguns símbolos representam as *entidades* que se está criando, correspondendo ao modelo propriamente dito. A Seção 2.1 apresenta cada uma destas entidades de uma forma mais detalhada.

Todos os outros símbolos correspondem a objetos de interface. Alguns auxiliam a entrada de pontos no espaço tridimensional, como o *plano de interface* e o *cursor 3D*, outros são usados em manipulações tridimensionais, o *eixo local* e o *bounding box*, outros são usados em interações bidimensionais. A Seção 2.2 descreve estes símbolos e suas funcionalidades.

2.1 Entidades Gráficas

Os elementos que o usuário do programa edita são as entidades gráficas. Vértices, curvas, malhas 2d (chamadas de *mapp* na interface), malhas 3d (chamadas de *solid* na interface), e tanques, são as entidades gráficas existentes no contexto do MG. O modelo final é uma integração dos mapeamentos, feita automaticamente quando se aciona a função para criar o arquivo em disco (vide Seções 3.1.3 e 4.1.6).

A organização destas entidades é importante para que o usuário compreenda a divisão hierárquica existente. Todas as curvas são tratadas como “curvas abertas” possuindo exatamente dois vértices, um em cada extremo. As curvas geometricamente fechadas também possuem os dois vértices extremos colocados na mesma posição. Esta redundância desaparece nos mapeamentos gerados com estas curvas, pois a integração feita na geração do arquivo de análise elimina as duplicidades geométricas existentes.

As malhas 2d são definidas pelas curvas de contorno, e as subdivisões destas curvas determinam a discretização da malha. O número de curvas de contorno varia de acordo com o tipo de malha que se está gerando.

A Figura 2.1 mostra a organização hierárquica das entidades gráficas do MG.

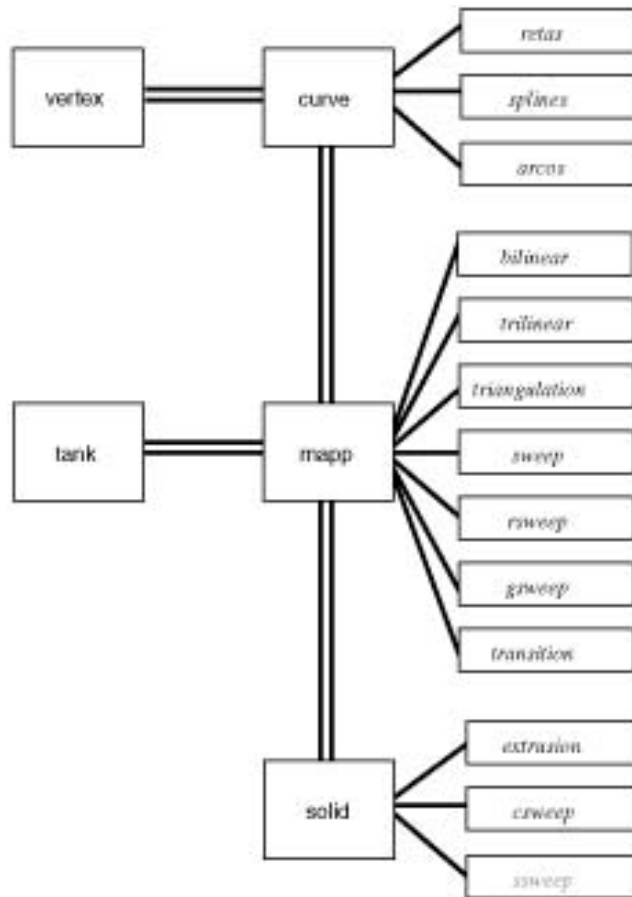


Figura 2.1: Organização das Entidades Gráficas

2.1.1 Criação

Na atual versão, qualquer entidade pode ser criada individualmente, algumas dependem da existência de outras, e apenas os vértices e curvas podem ser criados independentemente. A criação de vértices não causa a criação de nenhuma outra entidade.

A criação de curvas provocam a criação dos vértices do seu contorno, um no início e um no final da curva. As malhas apenas podem ser criadas se existirem as curvas necessárias para sua criação. A criação de malhas volumétricas (*solids*) é feita com base em malhas e curvas previamente existentes. Os tanques são criados com a seleção prévia das malhas que compõem o seu contorno.

2.1.2 Remoção

Os vértices só são removidos se não compõem a fronteira de nenhuma curva. As curvas possuem comportamento diferente, elas são removidas em qualquer situação e ainda pro-

vocam a remoção dos vértices, desde que não estejam sendo usados por outras curvas, dos mapeamentos 2d e 3d, e dos tanques adjacentes.

A remoção de malhas2d provoca a remoção automática das malhas3d e dos tanques adjacentes. Os tanques e malhas3d removidos não causam alteração em outras entidades.

2.1.3 Cópias

As cópias são sempre feitas por movimentações de entidades (rotações, translações e espelhamento), com o ítem **copy** do *menu Edit* ativado, como explica a Seção 4.2.4. À excessão dos vértices, a cópia de qualquer entidade provoca cópias das entidades adjacentes, que compõem a entidade original. Desta forma, ao copiar uma curva, por exemplo, dois novos vértices são criados nas posições definidas pela curva.

As cópias de malhas2d induzem as cópias das curvas que formam a fronteira das originais. O MG elimina automaticamente as duplicações resultantes da cópia de malhas que compartilham a mesma curva. A opção **Fixmodel** sob o *menu* corresponde exatamente à chamada do procedimento de eliminação descrito. Esta opção existe pois o usuário pode, acidentalmente, gerar curvas na mesma posição durante a modelagem.

As cópias de tanques e malhas3d, que podem produzir duplicidades de curvas e malhas, também possuem uma chamada automática para **Fixmodel**.

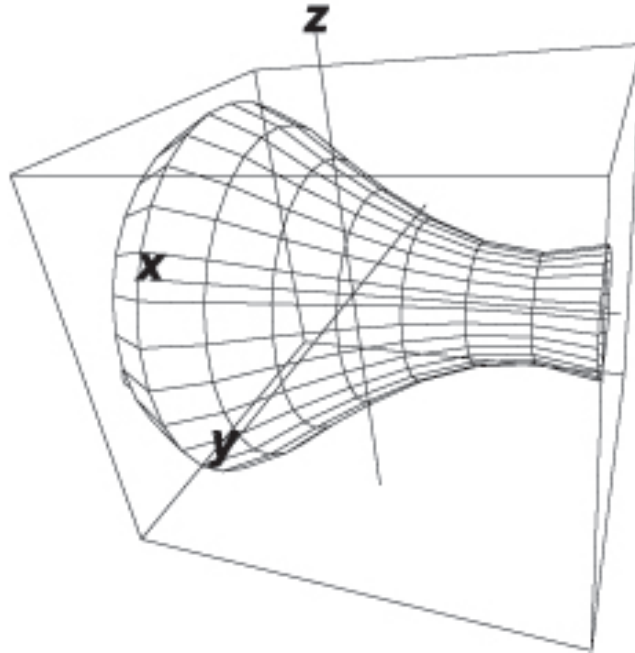
Antes de apresentar os modos de interface do programa, é importante que o leitor/usuário entenda a funcionalidade de alguns símbolos gráficos que são apresentados nas seções seguintes.

2.2 Objetos Gráficos

O programa apresenta na área de desenho, além do modelo propriamente dito, alguns símbolos gráficos que foram idealizados para orientar o usuário na realização de algumas tarefas, além de permitir a identificação do modo de interface corrente.

O desenho do *Modelo* é fundamental para a compreensão do objeto que se está tratando, além de espelhar a estrutura de dados presente na memória do computador. O *Modelo* é desenhado em todos os modos de interface do programa e serve como referência principal, auxiliando inclusive na percepção da posição relativa dos demais símbolos gráficos. Este desenho pode ser feito em *wireframe* ou com um algoritmo de ordenação, o algoritmo do “pintor” (ordenação de faces por profundidade), usando a técnica de *constant shading*.

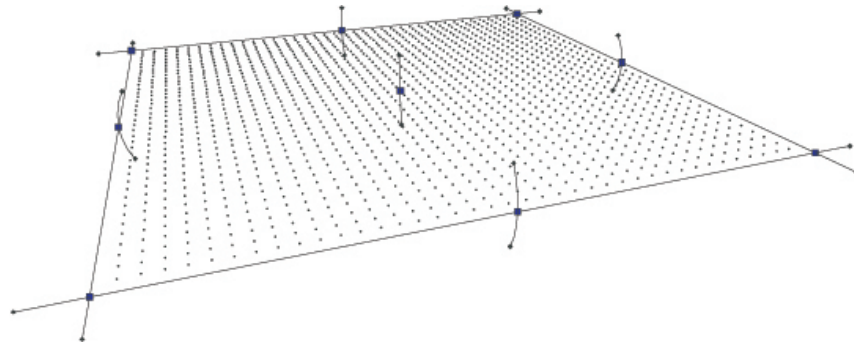
O *Mundo* é um símbolo auxiliar usado no modo de mudança de projeções e dos parâmetros de visualização. O seu desenho é feito com as arestas da caixa referente ao *bounding box*, ou seja, os seis planos limites do modelo. Este símbolo é usado para visualizar os limites do modelo e é desenhado durante o movimento do *mouse*, com o botão pressionado, para que o usuário anteveja o aspecto da nova projeção. Não se adotou o desenho completo do modelo pois este desenho pode se tornar lento, se o modelo for grande, inviabilizando a interface por manipulação direta. A Figura 2.2 mostra o desenho do *Mundo* de um modelo feito pela rotação de uma curva do tipo *spline* em torno do eixo *x*.

Figura 2.2: Desenho do *Mundo* de um Modelo de rotação

O *Plano* de interface é um símbolo que deve ser usado como base para várias operações disponíveis em todos os modos do programa. O seu desenho é feito com linhas cheias que unem quatro pontos equidistantes do ponto central, possuindo portanto a forma quadrada. Estes pontos não pretendem indicar que este *Plano* possui limites, ou seja, o *Plano* é tratado internamente ao programa como sendo infinito, permitindo movimento em qualquer posição da tela. Os limites são usados apenas identificar o *Plano* e auxiliar no desenho de outros símbolos como o *grid* e as marcas usadas na manipulação direta para mudança de posição. A Figura 2.3 mostra o desenho do *Plano* de interface com o *grid* e as marcas mostradas no modo de edição do *Plano*.

O *Cursor* é um símbolo usado no modo de criação (edição) de curvas e vértices visualizado com o desenho de duas linhas ortogonais, tipo *crosshair*, no espaço que se movimentam sobre o *Plano* de interface de acordo com o movimento do *mouse*. Pretende-se que a interseção destas duas linhas informe, de maneira precisa, a posição no espaço tridimensional, usando um dispositivo bidimensional de localização, o *mouse*. Um esclarecimento mais detalhado sobre a matemática envolvida neste movimento pode ser encontrada na Seção 3.5.1, retirado de [4]. Além de informar posição 3D, o *Cursor* é uma indicação de que o modo de edição foi ativado. A Figura 2.4 mostra o plano de interface com o *Cursor* indicando a posição tridimensional, durante a criação de uma curva.

O *Eixo Global* representa o sistema de coordenadas cartesiano adotado, e é uma referência fixa do modelo que se está gerando. O seu desenho é feito com linhas cheias e textos

Figura 2.3: Desenho do *Plano* de interface

(xyz) posicionados nas extremidades positivas (vide Figura 4). O *Eixo Global* é um símbolo passivo pois não apresenta pontos sensíveis à seleção ou manipulação direta.

O *Eixo Local* ou *eixo para transformações por manipulação direta* é um indicador de que este modo foi ativado. Este sistema de eixos é inicialmente posicionado com origem no centro geométrico de todos os objetos selecionados, e possui direções paralelas às do *Eixo Global*. Da mesma forma que para o desenho do *Eixo Global* são desenhadas as linhas e os textos, este sistema de eixos é no entanto ativo. Marcas indicam os pontos que podem ser selecionados e que permitem que se faça as translações e rotações. Este tipo de transformação por manipulação direta é uma implementação das idéias apresentadas em [8], suprimindo-se apenas as operações de escala que não fazem parte do contexto do MG. A Figura 2.5 mostra o *Eixo Local* posicionado para transformação de uma curva.

Dependendo do modo de interface corrente alguns destes símbolos são desenhados e outros suprimidos. A Tabela 2.1 identifica os objetos que são apresentados em cada um dos modos de interface.

<i>Modo</i>	<i>Cursor</i>	<i>Mundo</i>	<i>Plano</i>	<i>Eixo Global</i>	<i>Eixo Local</i>
Seleção			•	•	
Mudança de projeção		•	•	•	
Edição do Plano			•	•	•
Transformações 3D					•
Criação de vértices	•		•	•	
Criação de curvas	•		•	•	
Criação de outros			•	•	

Tabela 2.1: Visualização dos objetos nos diversos módulos

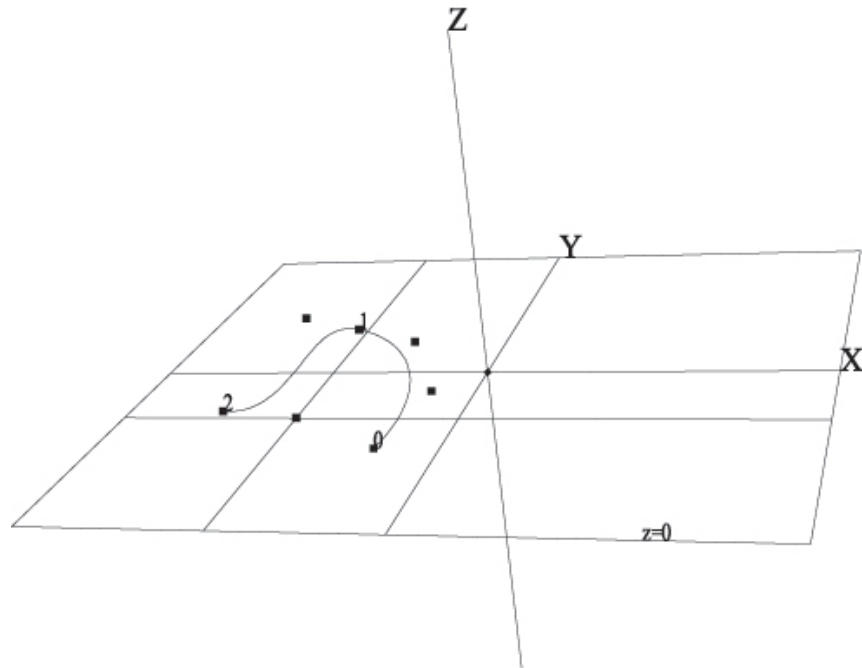


Figura 2.4: Desenho do *Cursor* na criação de uma curva

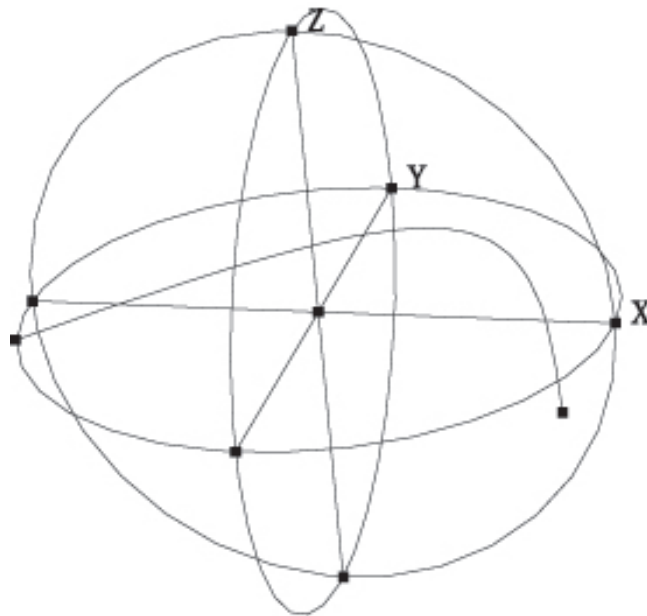


Figura 2.5: *Eixo Local* para manipulação de uma curva

Capítulo 3

Modos de Interface com o Usuário

Na atual versão existem os seguintes modos de interface:

- Seleção;
- Mudança de Projeções;
- Edição do Plano de Interface;
- Transformações por Manipulação Direta;
- Criação:
 1. de Curvas;
 2. de Vértices;
 3. de Malhas;
 4. de Volumes e
 5. de Sólidos.
- Visualização:
 1. de Curvas;
 2. de Vértices;
 3. de Malhas;
 4. de Volumes e
 5. de Sólidos.

A interface do MG é controlada pelo *modo de interação corrente*. Este modo é ativado pelo grupo vertical de botões situado no lado esquerdo do *canvas* do MG, como mostra a [Figura 3.1](#).

Os diferentes modos de interface com o usuário foram implementados no MG com o objetivo tornar mais claras e fáceis as operações feitas por manipulação direta no *canvas*. Em cada um destes modos existe um determinado conjunto de operações disponíveis, e os eventos possuem efeitos bastante distintos. A *toolbar* horizontal inferior é ativada pelo modo de interface corrente, e apresenta os botões específicos para cada modo. Nas seções seguintes faz-se a descrição de cada um destes modos.

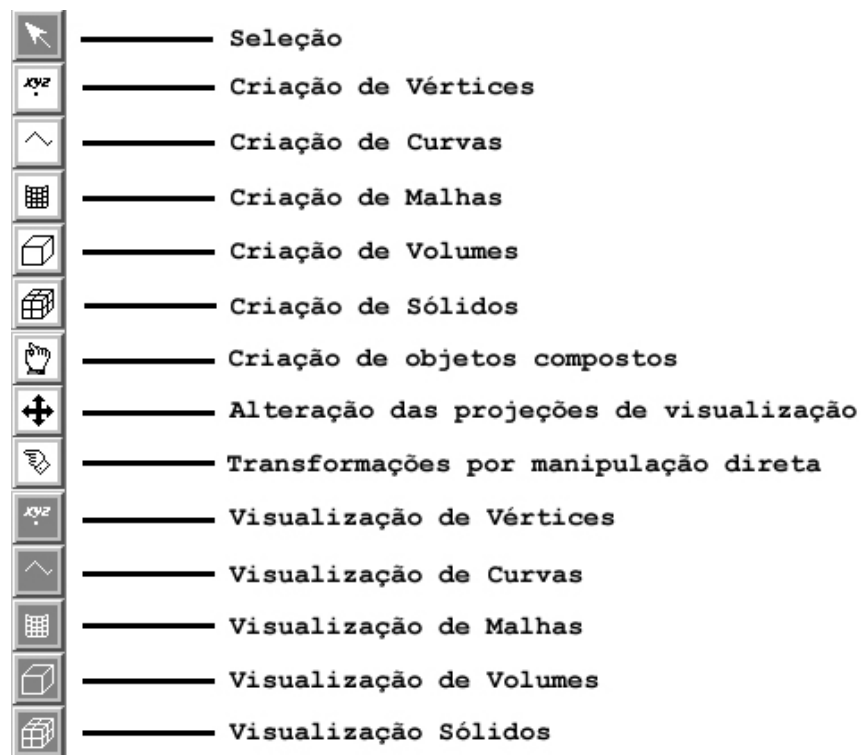


Figura 3.1: Toolbar vertical

3.1 Seleção

Para acionar o modo de seleção, que é o modo *default* do programa, basta pressionar o botão mais acima no grupo de botões controladores do modo de interface, como mostra a Figura 3.1.

O processo de seleção de entidades gráficas é feito de maneira similar ao usado em desenhadores vetoriais conhecidos, como por exemplo o *CorelDraw* para ambientes Windows e o *Idraw* que é o editor gráfico do sistema InterViews. As semelhanças encontram-se no uso dos botões do *mouse* associados às teclas **Shift** e **Ctrl**, na maneira de se desfazer a seleção, e na seleção por contenção em janela (*fence*).

É importante ressaltar que no MG as entidades gráficas são tridimensionais projetadas

na tela e isto confere à interface uma propriedade inexistente nas interfaces bidimensionais que é a profundidade da projeção. O usuário deve ter em mente que o programa seleciona a entidade que estiver a frente na projeção. Para esclarecer dúvidas quanto a projeção do modelo, pode-se usar o algoritmo de face ocultas ativando-se o item **depthsort**, sob o menu **Render**.

As entidades gráficas possuem apenas dois estados de seleção: *selecionado* e *não selecionado*. Estes estados são identificados no *mg* pelo desenho das entidades que é feito na cor vermelha, quando as elas estão selecionadas, e na cor azul caso contrário.

Ao se pressionar o botão 1 do *mouse próximo* (o conceito de proximidade é explicado na Seção 3.1.1) a uma entidade, provoca-se a seleção desta entidade e a alteração do estado de todas as outras entidades para *não selecionado*. Não havendo entidades gráficas próximas ao ponto, todas as entidades são alteradas para o estado *não selecionado*. A tecla **Shift** mantém o estado de seleções anteriores e faz a alteração do estado da primitiva *próxima* ao ponto fornecido.

O *Fence*, ou seleção por contenção integral em janela definida pelo usuário, é feito com o botão 1 pressionado, onde o usuário define uma janela que parte da posição indicada no instante do primeiro *click* no mouse, desde que nenhuma entidade seja selecionada neste momento, até a posição correspondente à soltura do botão. O programa seleciona todas as entidades que possuem a projeção inteiramente contida nesta janela.

No modo de *seleção* pode-se ainda fazer movimentações dinâmicas (*drags*) com as entidades presentes. Basta que se pressione o botão 2 do *mouse* sobre uma entidade *selecionada* e se mantenha este botão pressionado durante o movimento. O processo é encerrado quando o usuário solta o botão. As translações são calculadas de acordo com a posição e os atributos do plano de interface, ou seja, cada um dos eventos gerados é transformado para 3D de acordo com a posição do plano de interface e o espaçamento e estado do *grid*. O reposicionamento de vértices feito pelo processo de atração apenas é acionado quando se solta o botão do *mouse*. A entidade que se está movendo pode então ter seus vértices redefinidos para posições próximas, obedecendo-se o valor corrente da tolerância. Para o uso de *mouses* que possuem apenas dois botões em operações deste tipo, simula-se o botão 2 com o *click* simultâneo da teclas **Control** e **Shift** juntamente com o botão 1. Este conjunto de três teclas se explica pelo fato de as teclas **Shift**+botão 1 e **Control**+botão 1, estarem associadas com as operações de *seleção* e *reedição* de entidades respectivamente.

O usuário pode fazer movimentações definidas por valores escalares de translação e rotação, com as opções referentes a estas funções presentes no menu, opção **Transf** do diálogo principal que é descrito na Seção 4.3. O *MG* opera sobre todas as entidades previamente selecionadas. O espelhamento também pode ser acionado quando o programa se encontra no modo de seleção.

3.1.1 Tolerância e Proximidade

Outros conceitos fundamentais ao uso do *mg* são os de *tolerância* e *proximidade*. A *tolerância* é uma caixa bi ou tridimensional, dependendo de o programa estar no modo de seleção ou criação, que informa ao sistema se dois pontos estão *próximos*. Diz-se que duas enti-

dades ou pontos estão *próximos* se a tolerância corrente envolver estas duas entidades ou pontos.

No modo de seleção ou criação de entidades, a tolerância é alterada pelo botão 2 do *mouse* pressionado simultaneamente com a tecla **Shift**. A escolha é unidirecional sempre aumentado a tolerância em passos pré-definidos. A tolerância cresce desde o tamanho 1 até o 5 e, volta ao menor tamanho possível, o 6^o, que é menor que o 1^o. A Figura 3.2 mostra como deve ser alterada a tolerância para os dois tipos de *mouse* previstos.

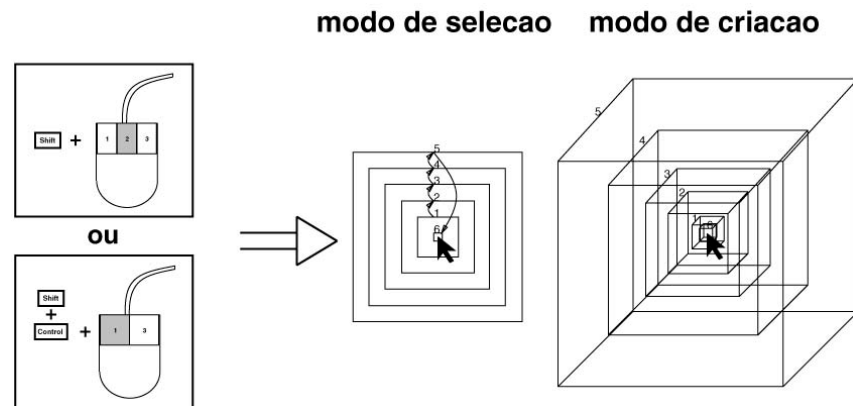


Figura 3.2: Interface para alteração da tolerância de atração e seleção

A diferenciação das tolerâncias correspondentes aos modos de seleção e criação, é feita pelo desenho bi ou tridimensional da caixa. Deve-se ressaltar entretanto, que esta diferenciação não é apenas para indicar o modo de interface corrente, possuindo também significado geométrico importante. No modo de seleção, o usuário trabalha todo o tempo no espaço projetado da tela, ou seja, com as coordenadas x e y projetadas. A proximidade é calculada justamente neste espaço projetado. Já no modo de criação, onde o usuário fornece pontos no espaço projetado e este ponto é transformado para o espaço tridimensional do modelo, ou seja coordenadas x , y e z , a proximidade é calculada em três dimensões por contenção na caixa que define a tolerância. Dois vértices extremos só são atraídos se estiverem ambos dentro desta caixa de tolerância.

3.1.2 Prioridade de Seleção

Durante a seleção de entidades existem prioridades para a seleção de vértices, curvas, malhas 2d, malhas3d e tanques, devido à geometria intrínseca e à forma de representar estas entidades gráficas. O programa adota a ordem de procedência vértice, tanque, curva, malha2d e malha3d. Desta forma, se o usuário aponta uma posição onde estejam presentes um vértice e uma curva dentro da tolerância de seleção, o MG seleciona o vértice, respeitando a prioridade citada. Da mesma forma, para fazer a seleção de uma malha, não devem haver vértices ou curvas no interior do quadrado da tolerância, no momento do apontamento.

Alternativamente, pode-se colocar o programa no modo específico destinado às seleções que se deseja. Os modos específicos de seleção são: **vertex** (seleção de vértices), **curve** (seleção de curvas), **mapp** (seleção de malhas2d), **solid** (seleção de malhas3d), **tank** (seleção de tanques), e **all**, de acordo as opções do menu **seLect**. Se o modo escolhido for **curve**, por exemplo, mesmo que hajam vértices dentro da caixa de tolerância, apenas curvas são selecionáveis.

3.1.3 Atração de Vértices

Antes de apresentar os modos de interface subseqüentes, e em complemento ao esclarecimento do funcionamento das tolerâncias, esta seção mostra como funciona a atração de vértices no MG, que é fundamental para a geração, tanto do modelo final, quanto dos mapeamentos em modelagens individuais.

Existem dois tipos de atração de vértices no MG. O primeiro tipo diz respeito ao processo de modelagem de curvas, quando dois vértices de curvas distintas são colocados próximos. O segundo tipo consiste na atração de vértices durante o processo de geração do arquivo pela integração das malhas individualmente geradas.

Durante a criação de curvas, a cada posicionamento de vértice, é feita a pesquisa na lista global de vértices, testando-se a proximidade de acordo com a tolerância corrente. A existência de algum vértice do modelo dentro da caixa tridimensional que representa a tolerância, próximo da posição fornecida, faz com que o sistema use a referência deste vértice, resultando na alteração, ou atração, das coordenadas inicialmente fornecidas pelo usuário. Na Figura 3.3 ilustra-se este tipo de atração. Na parte (a) da figura mostra-se o término do movimento do vértice extremo de uma curva do tipo **straight**, próximo ao vértice limite de uma **spline**. Na parte (b) da figura mostra-se o resultado da atração, com o vértice limite da **straight** atraído pelo da **spline**. A cena é desenhada como bidimensional apenas por simplificação.

O processo de atração pode ser desativado através da opção **attract** no menu **Edit** do MG

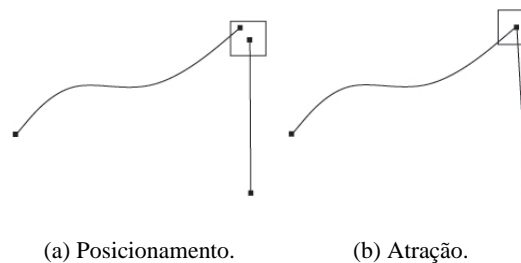


Figura 3.3: Atração de vértices na modelagem de curvas.

A atração dos vértices na integração das malhas é feita automaticamente sem a interferência do usuário, quando aciona-se a opção **output** do menu **File** (vide Seção 4.1.6), na geração de qualquer dos formatos disponíveis. A tolerância para atração é calculada de acor-

do com os limites do modelo, não sendo acessível ao usuário. Problemas podem surgir se o modelo possuir elementos com distâncias entre vértices adjacentes com ordens de grandeza muito diferentes (5ª ordem). A Figura 3.4 ilustra este procedimento. Na parte (a) mostra-se as curvas e vértices geradores dos mapeamentos bilineares na superfície de um cilindro. Na parte (b) mostra-se a malha integrada gerada com a opção **Neutral**.

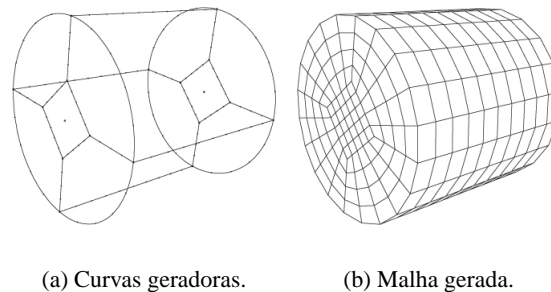


Figura 3.4: Atração de vértices na geração da malha final.

3.2 Mudança de Projeções

O MG se utiliza de uma biblioteca tridimensional para controle da projeção do modelo, o V3D [2]. Esta biblioteca usa o modelo de câmera, e possui apenas o ponto de referência (*vrp*), a posição da câmera (*eye*), e o vetor que indica a direção vertical da projeção (*vup*). O *vrp* é colocado automaticamente pelo *mg* no centro do modelo e o usuário não tem acesso a este parâmetro. A posição da câmera é posicionada inicialmente a uma distância “razoável” do modelo e pode ser alterada pelo usuário. A superfície de uma esfera imaginária centrada no ponto de referência passando pela câmera é o lugar geométrico das posições da câmera que modificam a orientação do objeto na tela sem alterar sua posição. A Figura 3.5 mostra a posição inicial dos parâmetros de visualização, a esfera imaginária sobre a qual são feitas as movimentações, e a vista esquemática da imagem que seria gerada na tela do computador.

O modo de mudança de projeções é usado para alterar a visualização do modelo, ou seja, fazer *zoom*, fazer escala aumentando ou diminuindo o modelo, girar o modelo (na realidade o ponto de vista é que muda), enquadrar, acionar vistas padrões, e aproximar o ponto de vista (câmera).

Para fazer rotações da câmera na superfície da esfera, pressiona-se o botão 1 do *mouse* na área de desenho e movimenta-se o cursor. Se o movimento do *mouse* for feito horizontalmente o resultado é mostrado na Figura 3.6(a), com a rotação sendo feita em torno do eixo vertical. Se o movimento for vertical a rotação é feita em torno do eixo horizontal, como mostra a Figura 3.6(b).

Para fazer translações com a câmera, procede-se de forma similar às rotações, só que usando o botão 2 do *mouse*. Os resultados das translações são mostrados na Figura 3.7 (a) e (b).

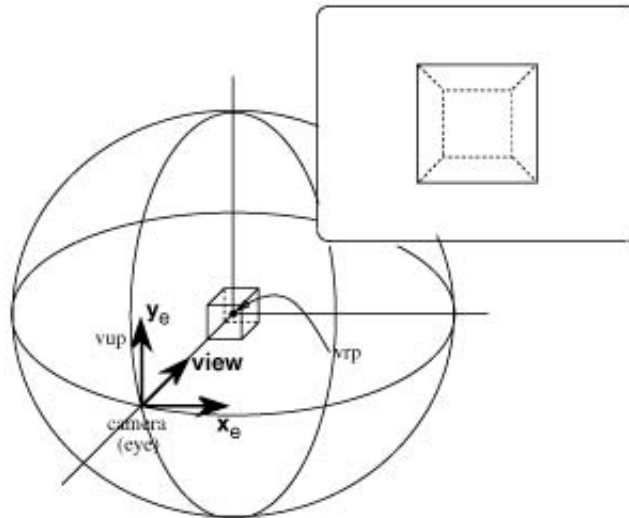


Figura 3.5: Parâmetros de visualização e posição inicial da câmera

Para se fazer rotações da câmera em torno de seu eixo radial, utiliza-se o botão 3 do *mouse* da mesma forma como nas rotações ou translações. O movimento é calculado em torno do ponto central do modelo, o *vrp* (*view reference point*). A Figura 3.8 mostra a rotação da câmera em torno do seu eixo radial, o que implica em uma rotação no sentido oposto da imagem do objeto.

Neste modo o usuário pode alterar a distância da câmera ao ponto de referência, aumentando ou diminuindo o efeito da perspectiva. Para conseguir este efeito deve-se pressionar a tecla **shift** simultaneamente ao botão 3 do *mouse*, e movimentar o cursor na direção horizontal, na área de desenho. Se o cursor for movimentado para a direita, provoca-se a aproximação da câmera com relação ao *vrp*. Movimentando-se o *mouse* para a direita ocorrerá um afastamento da câmera. A Figura 3.9 mostra o efeito da aproximação da câmera ao ponto de referência.

Para fazer uma escala no modelo, aumentando ou diminuindo a projeção, sem alterar nenhum parâmetro de visualização, apenas os limites da janela do modelo, pressiona-se a tecla **shift** simultaneamente ao botão 1 do *mouse*. De maneira similar ao movimento da câmera o movimento horizontal para a direita provoca um aumento da escala do modelo, e o movimento para a esquerda uma redução.

Além destas funções que são fornecidas diretamente pela biblioteca **v3d**, existem outras funções de visualização que fazem parte da interface do módulo de mudança de projeções e que são mostradas na barra de ferramentas com os botões **xy**, **xz** e **yz** no diálogo principal do **MG**.

O botão **set detail** deve ser usado quando se deseja fazer um detalhe de alguma parcela do modelo. Quando pressionado, inicia uma interface no *canvas* com um cursor do tipo *crosshair*, antes do primeiro *click* no botão 1 do *mouse*, e, posteriormente, com um *rubber*

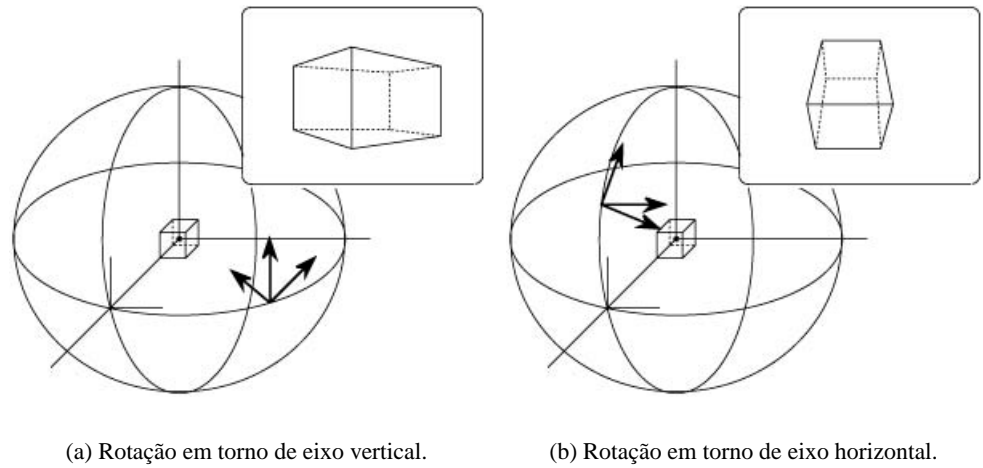


Figura 3.6: Rotação da câmera em torno de eixos.

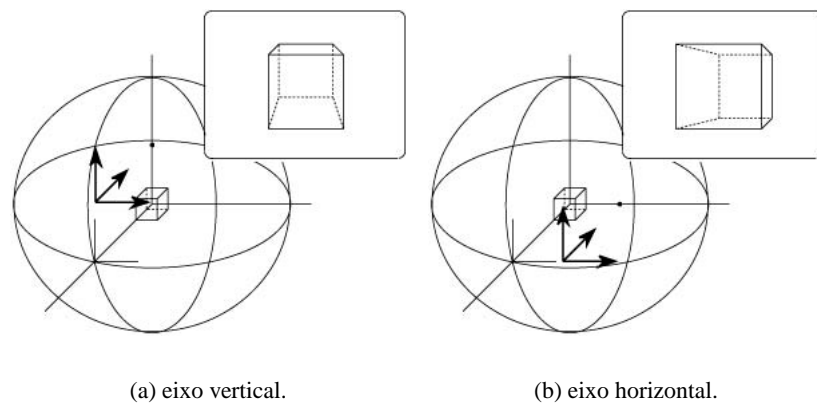


Figura 3.7: Translação da câmera (a) eixo vertical e (b) eixo horizontal

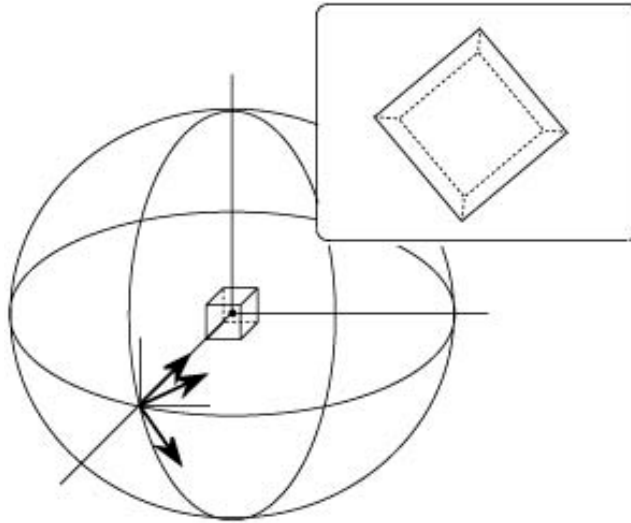


Figura 3.8: Rotação radial da câmera

box durante a definição da janela de detalhe, que deve ser feita com o botão 1 do *mouse* pressionado.

O botão **fit model** enquadra o modelo na janela e coloca o centro de projeções alinhado com o centro da janela.

Os botões **plane**, **axis** e **perspective**, são do tipo *toggle buttons* (ligado ou desligado) e controlam o desenho dos símbolos auxiliares e do tipo de projeções. Se o botão **persp** estiver na posição *off* a distância da câmera ao **vrp** não importará no cálculo das projeções e as projeções serão sempre paralelas. Este modo pode ser usado para determinar as linhas paralelas do modelo e esclarecer algumas distâncias relativas.

Os botões **xy**, **xz** e **yz**, correspondem às vistas ortográficas nos planos padrões indicados. Optou-se por colocar o eixo *z* apontando para cima nas projeções **xz** e **yz**, a fim de facilitar a visualização dos modelos que adotam esta direção como orientação, como ocorre muitas vezes em navios e plataformas.

3.3 Edição do Plano de Interface

O elemento gráfico para interface com usuário mais importante do programa MG é o plano de interface. Antes de se fazer qualquer geração de primitivas gráficas, o usuário deve estar bastante familiarizado com a manipulação deste plano, e com o seu funcionamento. As funções deste modo de interface controlam o seu movimento.

A Figura 3.10 apresenta o modo de controle do plano de interface.

Neste modo o plano é desenhado com as suas linhas limites e também com as marcas necessárias à sua manipulação. Estas marcas são pequenos quadrados desenhados nos quatro extremos, nas quatro posições intermediárias das suas arestas, e no ponto central do plano.

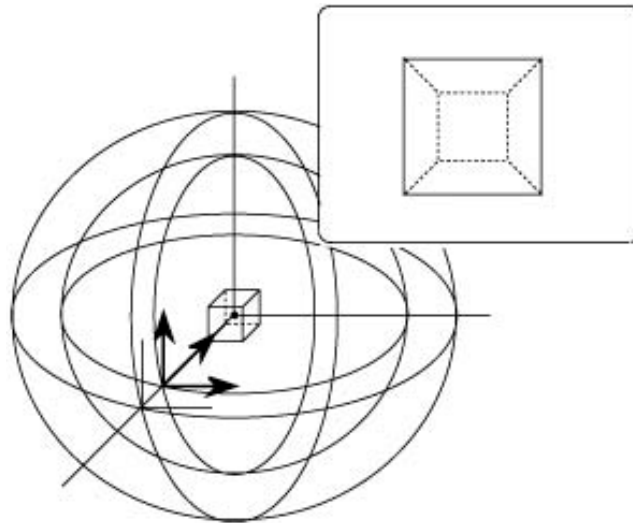


Figura 3.9: Aproximação da câmera

Escalas, rotações e translações são as operações disponíveis por manipulação direta na área de desenho.

Para transladar o plano o usuário deve selecionar a marca central apontando-a com o cursor, pressionando o botão 1 e deslocar o *mouse* para a direção desejada. Optou-se por fazer translações apenas na direção normal ao plano de interface. O valor escalar indicado no campo modificável **s**: representa o passo de translação nas unidades da descrição do modelo para cada movimento gerado.

Para fazer rotações em torno dos eixos do plano basta apontar os pontos intermediários das arestas e movimentar o *mouse* com o botão 1 pressionado. As rotações possíveis em cada ponto são indicadas pelos arcos de círculo desenhados junto a estas marcas, podendo-se apenas mudar o sentido das rotações. O valor escalar indicado no campo modificável **r**: representa o passo ou rotação angular em graus para cada movimento gerado.

Os botões **xy**, **xz** e **yz** colocam o plano nas posições padrões $z=0$, $y=0$ e $x=0$, respectivamente.

O controle de desenho do *grid* e atração para os pontos do *grid* é feito com os botões do tipo *toggle* **grid** e **snap** respectivamente. O valor do espaçamento do *grid* aparece no campo modificável **s**:

O controle de desenho da representação do plano é feito com o botão tipo *toggle* **plane**.

O botão **fit** adapta o plano de interface aos limites do modelo, fazendo uma escala centrada na origem corrente do plano.

O botão **3pt** inicia uma interface onde o usuário deve apontar consecutivamente três vértices do modelo para que o plano de interface seja posicionado no plano geométrico definido por estes três vértices, possuindo origem no baricentro destas posições. Não há necessidade de encerramento explícito desta interface, após o apontamento do terceiro vértice o plano é

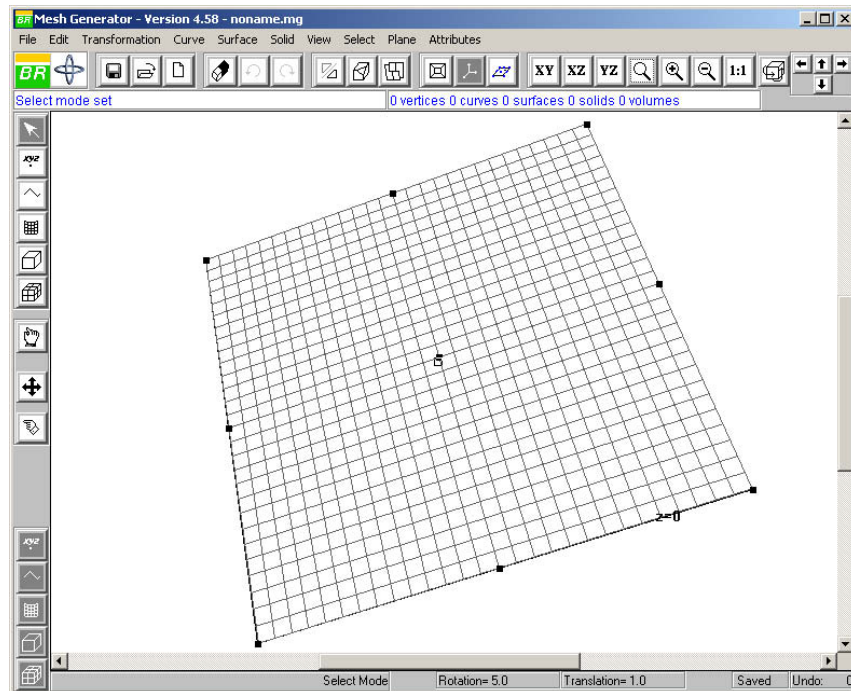


Figura 3.10: Modo de controle do plano de interface

colocado na posição indicada e o programa recoloca o botão **3pt** na posição *off*.

3.4 Transformações por Manipulação Direta

Este modo de interface deve ser usado para fazer transformações (translações e rotações) de entidades gráficas selecionadas fazendo manipulação direta. Ao acionar este modo, através do botão correspondente indicado na Figura 3.11, provoca-se o desenho esquemático dos eixos auxiliares usados para manipulação direta, posicionado no centro das entidades selecionadas.

Os eixos desenhados neste modo possuem, inicialmente, direções paralelas às dos eixos cartesianos globais. As marcas posicionadas nos limites e no centro dos eixos são sensíveis à manipulação direta. As marcas posicionadas nos extremos dos eixos são referentes às rotações feitas em torno dos eixos indicados. O centro de rotação é sempre a origem dos eixos. Pode-se fazer transformações apenas com o sistema de eixos para colocá-lo em uma posição diferente da inicial, ou com as todas as entidades selecionadas. Ao terminar-se o movimento, soltando-se o botão 1, o sistema apresenta o diálogo mostrado na Figura 3.12.

Se for escolhida a opção de aplicar a transformação indicada às entidades selecionadas, o programa redesenhará o modelo já com as transformações feitas. Se for escolhida a opção de transformar apenas o sistema de eixos, apenas estes são confirmados na posição corrente,

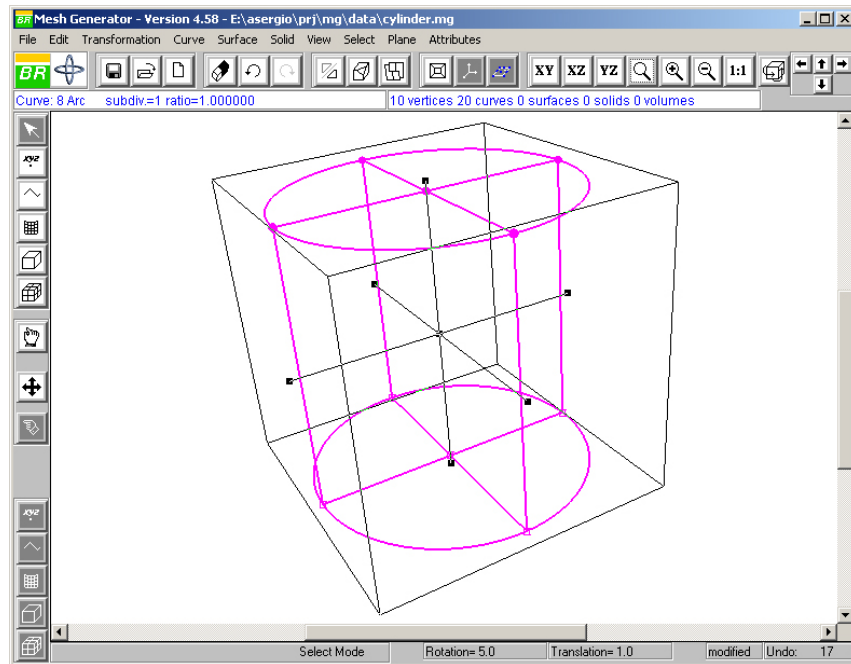


Figura 3.11: Modo de transformações por manipulação direta



Figura 3.12: Diálogo para transformação por manipulação direta

pois o sistema os redesenha a cada movimento do *mouse* para indicar uma possível transformação. Se for escolhido o cancelamento, o programa redesenhará o sistema de eixos na posição original inicial.

Os valores escalares das rotações e translações são alteráveis pelos campos **rotation:** e **translation:**, respectivamente, dispostos na barra horizontal inferior à área de desenho. Pode-se acompanhar as transformações feitas através dos valores que são apresentados na parte superior da área de desenho.

As regras para seleção de entidades no modo de manipulação direta são idênticas às regras do modo de seleção. Pode-se alterar a seleção de entidades neste modo sem a necessidade de retornar ao modo de seleção, fazendo o *Fence* inclusive. Ao se alterar a seleção o sistema de eixos é automaticamente reposicionado no novo centro geométrico desta seleção.

3.5 Criação

Os modos de criação que possuem coordenadas de vértices como definições para as entidades (Vértices e Curvas), são controlados pela posição do plano de interface e pelos ítems ativados nos menus do MG. As seções seguintes apresentam os modificadores destas coordenadas.

3.5.1 Transformação 2D para 3D

A transformação de coordenadas do espaço da tela para o espaço tridimensional do objeto é feita internamente pelo program em duas etapas. A primeira etapa consiste do cálculo da interseção da linha que parte do ponto que o usuário definiu na janela, possuindo a direção da projeção corrente, com o plano. Todos os cálculos, nesta etapa são realizados no espaço normalizado da projeção. A Figura 3.13 ilustra como o plano é usado nesta primeira etapa.

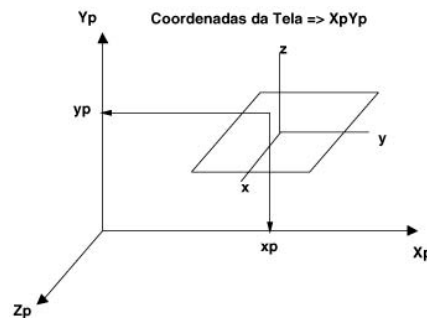


Figura 3.13: Etapa 1: interseção com o plano de interface

Os quatro vértices que definem a posição do plano no espaço são então usados para calcular a equação implícita no espaço normalizado, usando as coordenadas deste pontos e o produto vetorial entre eles. A equação implícita do plano é da forma:

$$a_p x_p + b_p y_p + c_p z_p + d_p = 0,$$

As coordenadas x_p e y_p são dadas diretamente pela localização na tela, a coordenada z_p é calculada com a equação do plano:

$$z_p = \frac{-(a_p x_p + b_p y_p + d_p)}{c_p}$$

De posse das coordenadas do ponto no espaço normalizado da projeção (x_p, y_p, z_p) , na segunda etapa, basta resolver o sistema linear de equações com este ponto (3D em coordenadas homogêneas), sendo portanto um sistema 4×4 , e a matriz de projeção corrente para obter-se o ponto no espaço do modelo. A formulação a seguir mostra o sistema a ser

resolvido na segunda etapa:

$$\begin{array}{cccccc} mp_{00} & mp_{01} & mp_{02} & mp_{03} & x & x_p \\ mp_{10} & mp_{11} & mp_{12} & mp_{13} & y & y_p \\ mp_{20} & mp_{21} & mp_{22} & mp_{23} & z & z_p \\ mp_{30} & mp_{31} & mp_{32} & mp_{33} & w & w_p \end{array} \quad (3.1)$$

3.5.2 Atração para o grid

Após a transformação para o espaço 3D, tanto no modo de criação de curvas como no de vértices, estando o **snap** do plano de interface ativo, é feita a atração para o ponto mais próximo do *grid*, respeitando-se o espaçamento corrente, independentemente de o *grid* estar visível.

3.5.3 Keyboard

Ativando-se a opção **keyboard** do menu **Edit**, coloca-se o programa no modo de entrada de coordenadas pelo teclado, após a localização no plano de interface. Esta opção permite o fornecimento de coordenadas tridimensionais com precisão diferente do *grid* e do apontamento.

Um diálogo é mostrado logo após a soltura do botão em um posicionamento qualquer (vide Seção 4.2.7). As coordenadas informadas neste diálogo podem estar inclusive fora do plano de interface.

3.5.4 Atração para outros vértices

Uma segunda forma de entrada (transformação) de coordenadas disponível no MG é a opção **snaptovtx**, disponível sob o *menu Edit*. Esta opção faz com que seja feito um teste de *pick* nos vértices do modelo, antes da transformação para o espaço do objeto. Com esta opção ativada, havendo algum vértice próximo ao cursor, é feita a atração do *Cursor* para a posição deste vértice, e as suas coordenadas são usadas no posicionamento se for feito o pressionamento e soltura do botão do *mouse*.

3.6 Criação de Curvas

Este modo de interface é usado para se criar as curvas do modelo. Ele pode ser acionado pelo botão correspondente na *toolbar* vertical de controle da interface do MG, ou pela combinação de teclas **Alt c**. A indicação de que este modo foi ativado é feita pela mudança da representação do cursor na área de desenho. Em substituição ao cursor padrão, faz-se o desenho de duas linhas ortogonais (no espaço do objeto e não no de projeção), que se movem sobre o plano de interface a cada evento de *mouse motion*, e que localizam a posição pela interseção entre estas duas linhas. A Figura 3.14 mostra a tela do *mg* com o modo de criação de curvas ativado.

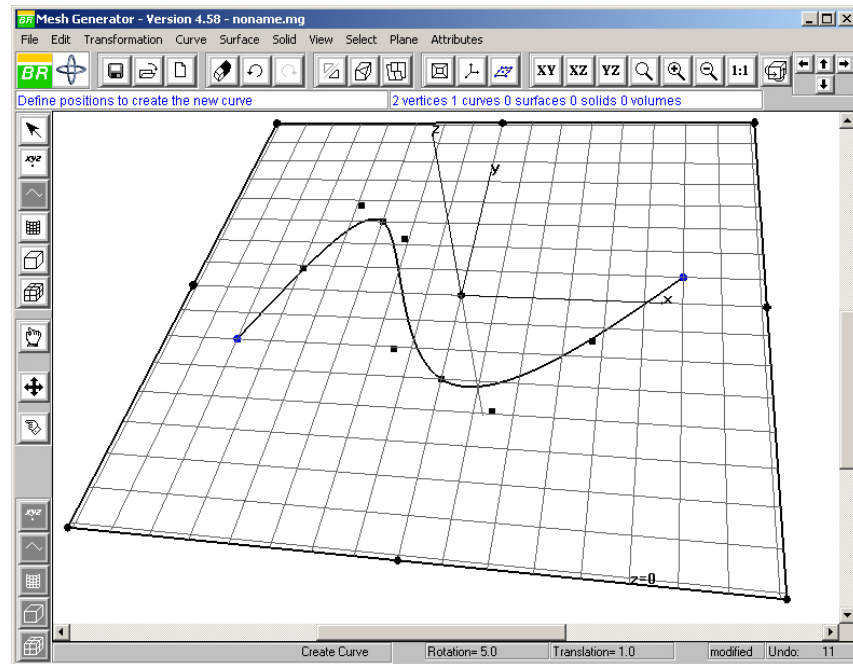


Figura 3.14: Modo de criação de curvas acionado

No modo de interface para criação de curvas utiliza-se o botão 1 do *mouse* para acrescentar pontos de controle à curva, o botão 2 é usado para mover um ponto de controle, e o botão 3, se pressionado simultaneamente à tecla **Shift**, remove o último ponto da curva. Se não for usada a tecla **Shift**, o botão 3 encerra o modo de criação. Para o uso de *mouses* com dois botões, de forma idêntica ao modo de seleção, deve-se pressionar simultaneamente **Control**, **Shift** e o botão 1 para simular o botão 2 e mover um ponto de controle.

Pode-se acionar o modo de edição de curvas de duas maneiras, criando-se uma nova curva através do acionamento do botão correspondente na *toolbar* vertical, ou reeditando-se uma curva existente, pressionando-se simultaneamente a tecla **Control** e o botão 1 do *mouse* sobre a curva de interesse.

Assumindo-se que o usuário se encontra no modo de criação de curvas, apresenta-se a seguir as interfaces específicas para criação de cada um dos tipos de curvas disponíveis, separadamente.

3.6.1 Splines

As curvas denominadas **splines** que o *mg* oferece ao usuário são na realidade *splines* cúbicas por trechos. Cada trecho é definido entre dois pontos de interpolação consecutivos. Além dos pontos de interpolação, fazem parte da definição da curva dois pontos de controle de tangentes, em cada trecho. A Figura 3.15 ilustra os pontos que controlam uma **spline** possuindo 3 trechos.

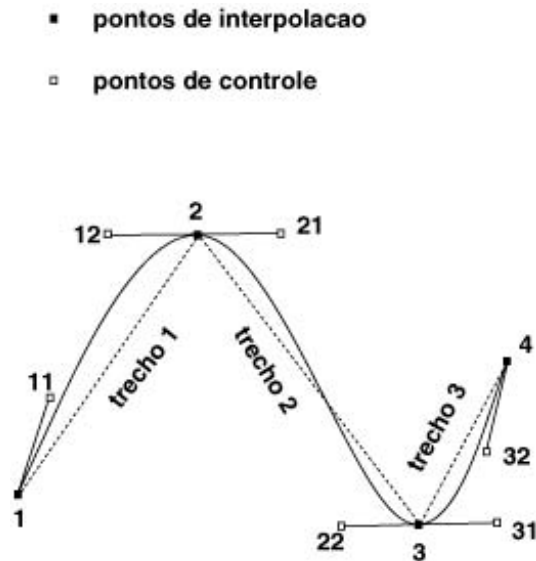


Figura 3.15: Spline com 3 trechos

O usuário insere apenas os pontos de interpolação, usando o botão 1 do *mouse*. Os pontos de controle são calculados automaticamente a cada nova posição fornecida e a curva se redefine e é redesenhada.

Para mover qualquer um dos pontos da curva deve-se pressionar o botão 2 do *mouse* nas proximidades do ponto e movimentar o cursor para a nova posição desejada, mantendo-se este botão pressionado. Para *mouses* que possuem apenas dois botões o movimento é feito com o botão 1 pressionado simultaneamente às teclas **Control** e **Shift**. Ressalta-se aqui que o movimento é restrito ao plano de interface e que qualquer vértice que não esteja contido neste plano não pode ser movimentado por manipulação direta. Ao mover um ponto de interpolação a curva sofre alterações nos trechos adjacentes ao ponto e são mantidas as direções das tangentes. Quando se move um ponto de controle, os pontos de interpolação ficam fixos e apenas os dois trechos adjacentes a este ponto são alterados.

Ao se remover um ponto, pressionando-se simultaneamente a tecla **Shift** e o botão 3 do *mouse*, a curva é totalmente redefinida, pois as tangentes são recalculadas e o último ponto é suprimido da definição da curva.

3.6.2 Segmentos de Reta

A curva formada por segmentos de reta, a **straight**, possui interface idêntica a interface da curva **spline**, obviamente sem os pontos de controle de tangentes, uma vez que este tipo de curva não possui continuidade destas tangentes.

A Figura 3.16 mostra uma curva do tipo **straight**.

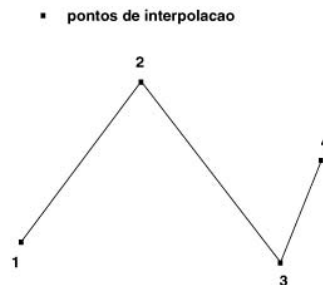


Figura 3.16: Curva composta por segmentos de reta

3.6.3 Arcos de Círculo

Os arcos de círculo são curvas formadas por 3 pontos de controle e uma orientação espacial que define o sentido de desenvolvimento da curva. O primeiro ponto fornecido pelo usuário corresponde ao centro do arco, o segundo ponto define o início do desenvolvimento e o raio, e o terceiro indica o final do desenvolvimento angular da curva. A orientação inicial do arco é dada pelo vetor normal ao plano de interface no sentido anti-horário para quem observa a curva do lado positivo deste plano.

A Figura 3.17 mostra um arco contido no plano $z = 0$ com vetor normal paralelo ao eixo z .

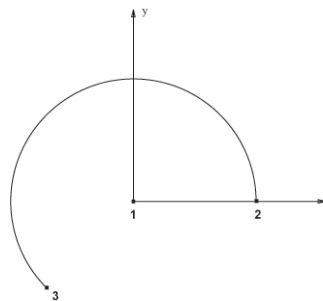


Figura 3.17: Arco de círculo

3.7 Criação de Vértices

Este modo destina-se à criação de vértices, que representam pontos chave do modelo por exemplo, através das coordenadas calculadas sobre o plano de interface. Os vértices criados

podem posteriormente ser usados para a criação de curvas que neles se apoiem. Da mesma forma como na criação de curvas, a indicação de que este modo foi acionado é feita com o desenho do cursor que se movimenta sobre o plano de interface, quando se movimenta o cursor no *canvas*. A Figura 3.18 mostra a tela do program com o modo de criação de vértices ativo.

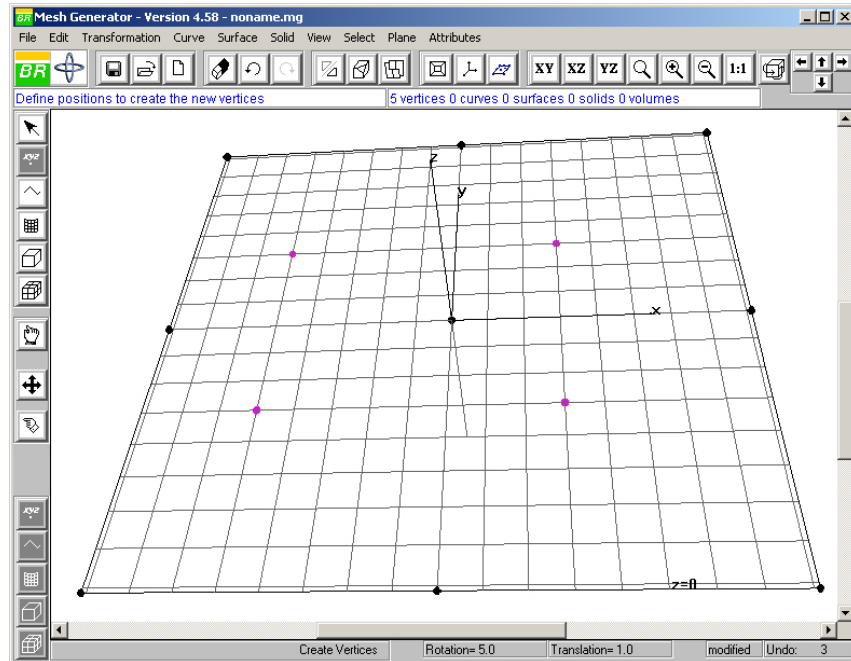


Figura 3.18: Modo de criação de vértices

Cada vez que se pressiona o botão 1 do *mouse* cria-se um novo vértice. Podem ser feitas movimentações dos vértices criados com o botão 2 do *mouse*, da mesma forma que foi descrita a criação de curvas. O botão 3 do *mouse* encerra o modo de criação e retorna o programa ao modo de seleção.

3.8 Criação de Malhas de Superfície

A edição de malhas possui interface semelhante à edição de curvas porém as ações correspondentes a “acrescentar pontos de controle” e “remover pontos de controle”, devem ser substituídas por inserir e retirar curvas que formam a malha. Durante a criação de malhas deve ter-se em mente que o estado de criação não deve ser interrompido até a inserção de todas as curvas que definem a malha. Quando o usuário interrompe a criação antes de inserir todas as as curvas necessárias à construção da malha, o MG finaliza automaticamente o modo de edição e cancela esta criação. Quando todas as curvas necessárias à criação da malha estão definidas, o modo de edição se encerra, e o sistema apresenta o diálogo referente

aos atributos adicionais, se estes existirem. Ao final desta interface o programa redesenha o modelo com a nova malha gerada.

Pode-se reeditar uma malha existente alterando apenas os atributos que o tipo de mapeamento usado possuir. Não é permitido ao usuário, entretanto, redefinir as curvas de uma malha já criada. O usuário pode apenas inverter o sentido dos elementos usando a função **Invert** presente na opção **Mapp** do menu principal. Na edição de malhas, os botões do *mouse* são usados de maneira similar à edição de curvas. O botão 1 acrescenta uma curva à malha, o botão 3 simultaneamente pressionado com a tecla **Shift** remove a última inserção de curva, e o botão 3 interrompe prematuramente a geração, ou seja, abandona a malha que seria gerada finalizando o modo de edição.

Para se iniciar a criação de uma nova malha, deve-se acionar o botão **mapp**. Esta ação conduz o sistema para o modo de edição e a tarefa do usuário passa a ser a seleção das curvas que formam a malha. A Figura 3.19 mostra a tela do program com o modo de criação de malhas ativo.

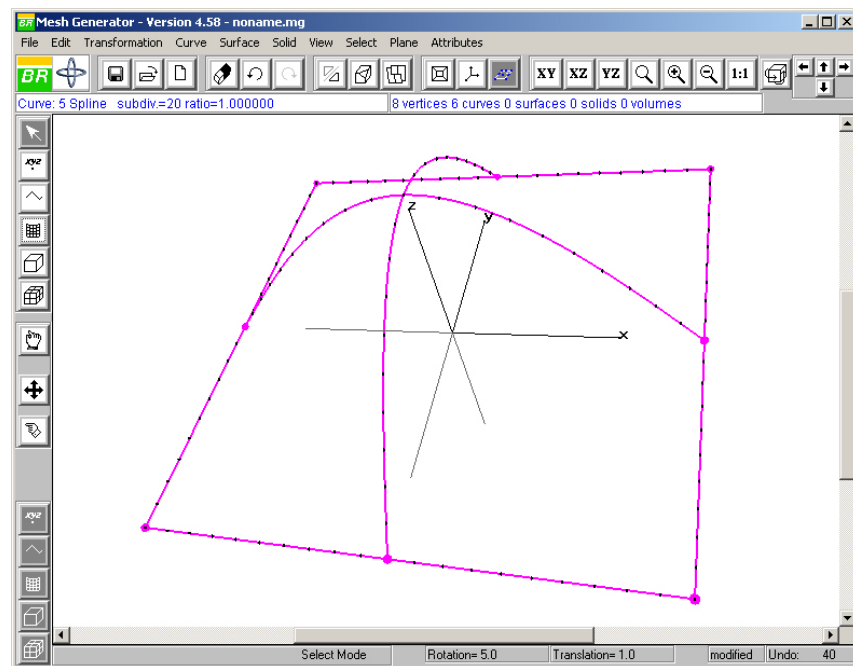


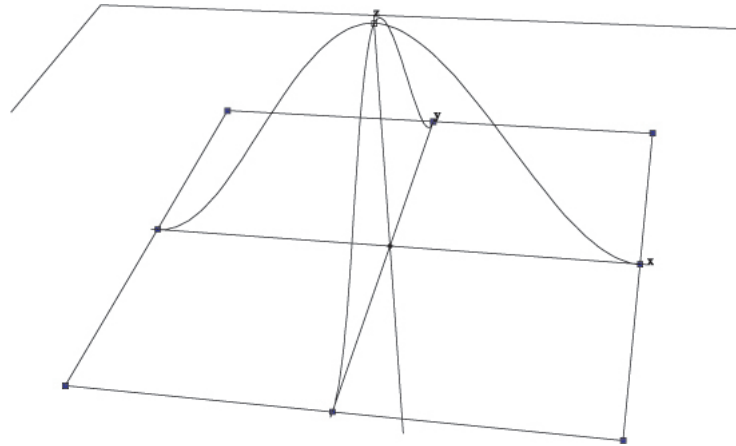
Figura 3.19: Modo de criação de malhas

3.8.1 Bilineares

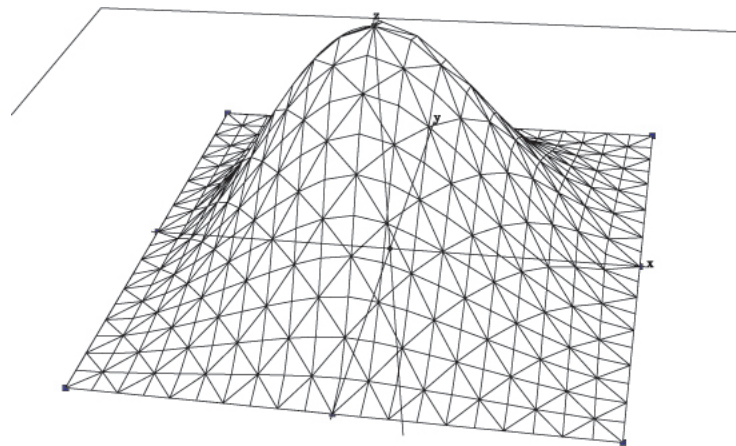
Para a construção de um mapeamento bilinear é necessário que as 4 curvas que formam o mapeamento sejam adjacentes e possuam subdivisões compatíveis, ou seja a primeira curva selecionada para o mapeamento deve ter o mesmo número de subdivisões da terceira e, analogamente, a segunda e a quarta devem obedecer ao mesmo critério.

A ordem de seleção das curvas indica a orientação dos elementos da malha gerada. Usando a regra da mão direita no sentido de percurso das curvas selecionadas, o polegar aponta na mesma direção dos vetores normais ao plano dos elementos que formam a malha.

A Figura 3.20 mostra 4 mapeamentos bilineares gerados a partir de **splines** não planas.



(a) curvas geradoras



(b) mapeamentos

Figura 3.20: Mapeamentos Bilineares

3.8.2 Trilineares

Para a construção de um mapeamento trilinear é necessário que as 3 curvas que formam o mapeamento sejam adjacentes e possuam subdivisões idênticas.

A ordem de seleção das curvas indica a orientação dos elementos da malha gerada, da mesma forma como no mapeamento bilinear.

A Figura 3.21 mostra um mapeamento trilinear gerado a partir de **splines** não planas.

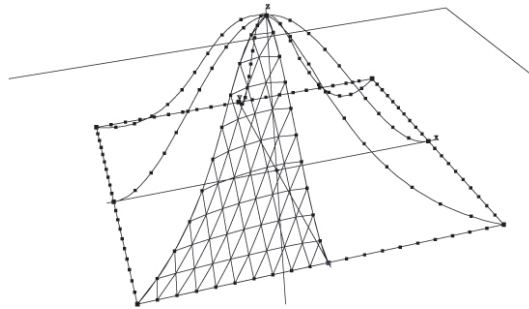
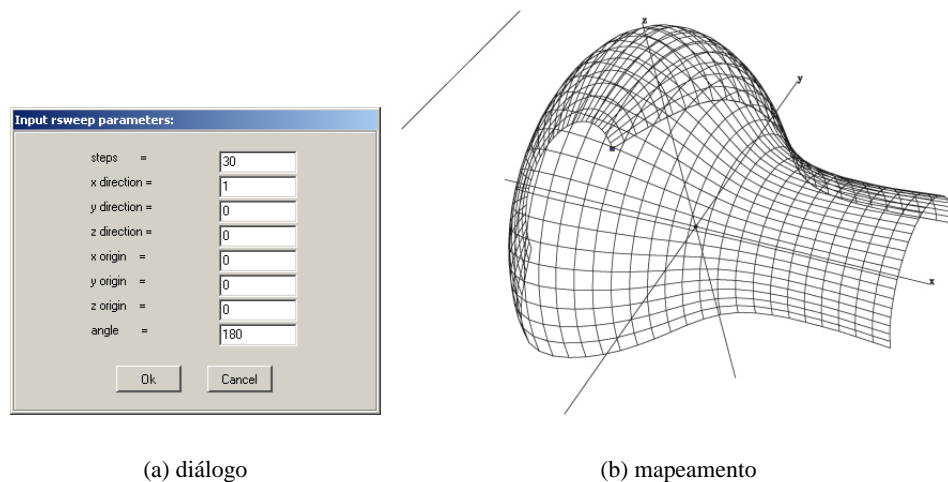


Figura 3.21: Mapeamento Trilinear

3.8.3 Sweeps Rotacionais

Os **rsweeps** possuem apenas uma curva de contorno, que é a geratriz do mapeamento. Dentre os atributos que a definem temos a definição de um eixo de rotação, o número de passos angulares, e o valor angular total da rotação. Após a seleção da curva de contorno, o MG apresenta um diálogo questionando o usuário sobre os atributos citados. A Figura 3.22 (a) mostra este diálogo. Na parte (b) vemos um exemplo de mapeamento **rsweep**, feito com a rotação de curva tipo **spline** que se desenvolve por 180° em torno do eixo x.



(a) diálogo

(b) mapeamento

Figura 3.22: Diálogo de atributos e mapeamento **rsweep**

Para reeditar estes atributos, após a criação inicial, basta pressionar a tecla **Control**

simultaneamente ao botão 1 do *mouse*, com o cursor posicionado sobre o mapeamento em questão, no modo de seleção.

3.8.4 Sweeps Translacionais

Da mesma forma que o **sweep** de rotação, o **sweep** de translação possui apenas uma curva em sua fronteira. Os atributos referentes a este tipo de mapeamentos são completados por um vetor de translação que indica o desenvolvimento da malha e pelo número de passos. A Figura 3.23 (a) mostra o diálogo de atributos do **sweep**. Na parte (b) da figura mostra-se **sweeps** feitos com uma única reta e diversos vetores de translação.

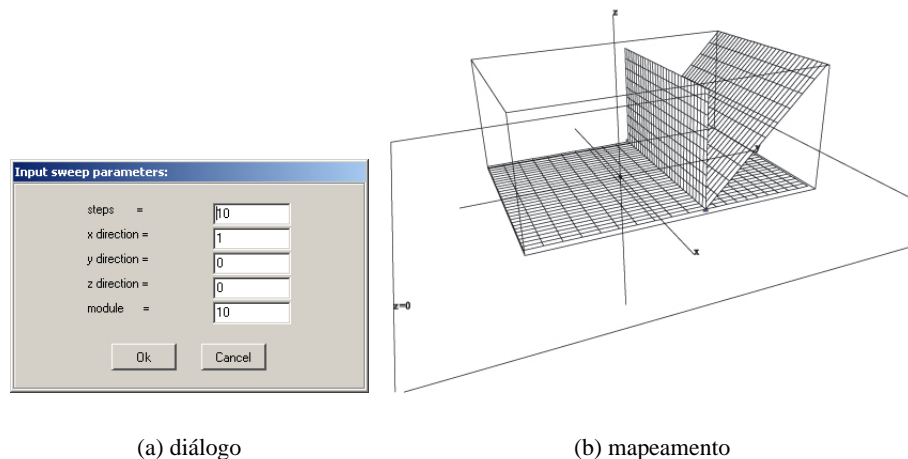


Figura 3.23: Diálogo de atributos e mapeamento **sweep**

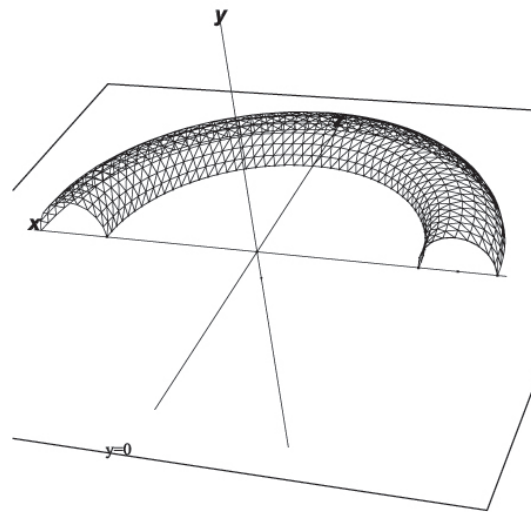
3.8.5 Sweeps Genéricos

Os mapeamentos chamados de **gsweep** são definidos por duas curvas com atuações distintas. A primeira curva selecionada representa a ‘fronteira’ a ser transladada, e a segunda define a trajetória e a posição dos passos desta translação. Nenhum atributo extra é necessário para definir o **gsweep**.

Para exemplificar a Figura 3.24 mostra um mapeamento do tipo **gsweep** construído com duas curvas do tipo **arc**. A curva contida no plano xy, que é a primeira curva selecionada, segue a trajetória descrita pela curva contida no plano xz.

3.8.6 Transição

Os mapeamentos de transição permitem que sejam geradas malhas com 4 curvas de bordo, do tipo $n1m1$, ou seja, a primeira curva possui um número múltiplo de n divisões, a segunda 1 divisão, a terceira possui o mesmo múltiplo aplicado a um número m e a quarta 1 divisão.



5 vertices 2 curves 1 mapps 0 solids 0 tanks

Figura 3.24: Mapeamento **gsweep** aplicado a uma trajetória **arc**

A forma de especificação do mapeamento de transição é feita através de um arquivo de formato bastante simples. As informações são seqüenciais e não precisam estar em um formato definido. O primeiro valor é o número n , o segundo o valor de m . Seguem-se a topologia de cada um dos elementos triangulares, ou seja, os índices dos vértices destes elementos. Deve-se observar que o número de triângulos deste tipo de mapeamento é sempre $n + m$. A forma de numerar os vértices é apresentada na Figura 3.25.

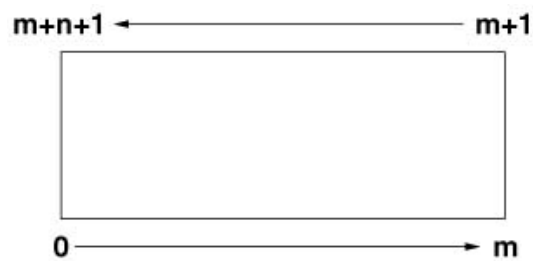


Figura 3.25: Numeração dos vértices em um arquivo de mapeamento de transição

Para exemplificar apresenta-se um arquivo de especificação de uma transição com $m = 3$ e $n = 4$.

Um possível arquivo para especificar esta transição é descrito a seguir.

4
3

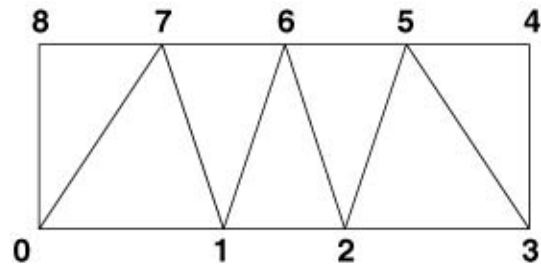


Figura 3.26: Numeração dos vértices em uma transição tipo $m = 3$ $n = 4$

```

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

```

A interface que o *mg* apresenta para geração desta malha é semelhante ao mapeamento bilinear, acrescentando-se a escolha de um arquivo de especificação da transição ao final, quando as 4 curvas de bordo estão selecionadas. O programa faz então uma verificação da possibilidade de enquadrar o padrão definido nas curvas selecionadas. Convencionou-se a extensão `.trn` para os arquivos de especificação de transições, embora qualquer nome seja permitido.

A Figura 3.27 apresenta um exemplo de uso do formato apresentado nas figuras anteriores, construído sobre dois arcos de círculo.

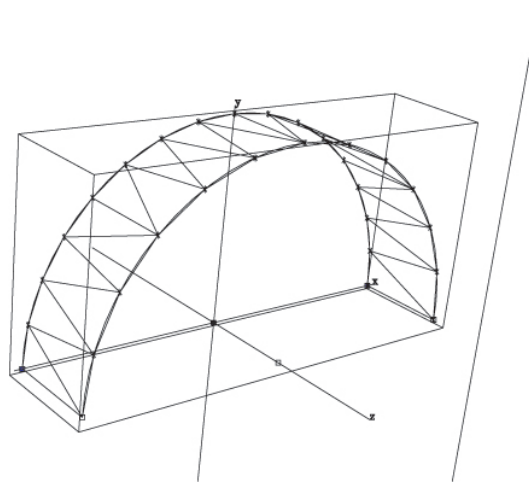
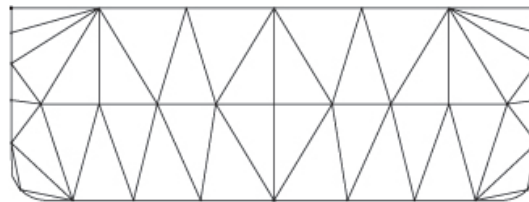
3.8.7 Triangulação

Para criar triangulações de Delaunay com regiões formadas por grupos de curvas planas ativa-se o ítem **triangulation** no menu **Mapp**. Uma vez ativado o modo de criação de mapeamento, o usuário deve apontar em sequência as curvas que delimitam a região plana a ser mapeada.

A Figura 3.28 mostra um mapeamento do tipo **triangulation** feito com 3 curvas tipo spline. Este mapeamento corresponde a uma das divisões internas do modelo do navio Juruá transformado em unidade de produção pela Petrobrás.

3.9 Criação de Malhas 3D

Os três tipos de mapeamentos sólidos implementados na atual versão são: **extrusion**, **csweep** e **ssweep**. Cada um deles possui interface distinta, explicada nas seções seguintes, podendo ser formados por curvas e mapeamentos bidimensionais.

Figura 3.27: Mapeamento **transition** com $m = 3$ e $n = 4$ Figura 3.28: Mapeamento **triangulation** com 3 curvas

O MG faz a visualização dos mapeamentos sólidos gerados de forma dependente do tipo de desenho corrente. Se o ítem **depthsort** estiver ativado, os mapeamentos sólidos são representados apenas pelas faces dos elementos situadas na fronteira do mapeamento. Se este ítem estiver desativado, ou seja, com o modelo desenhado em *wireframe*, todas as faces são desenhadas, internas e externas.

O módulo de criação de sólidos é acionado pelo botão mais abaixo na *toolbar* vertical do MG. A Figura 3.29 ilustra este modo.

3.9.1 Extrusion

Este mapeamento é equivalente ao **sweep** feito com uma curva e uma direção, sendo que aqui a curva é substituída por um mapeamento qualquer bidimensional. Após o acionamento do módulo de criação de sólidos, e a seleção do mapeamento que define a extrusão, o programa apresenta o diálogo mostrado na Figura 3.30, para definição dos parâmetros da extrusão.

A Figura 3.31 mostra o mapeamento bidimensional gerador na parte (a), e o mapeamento sólido feito por extrusão na parte (b).

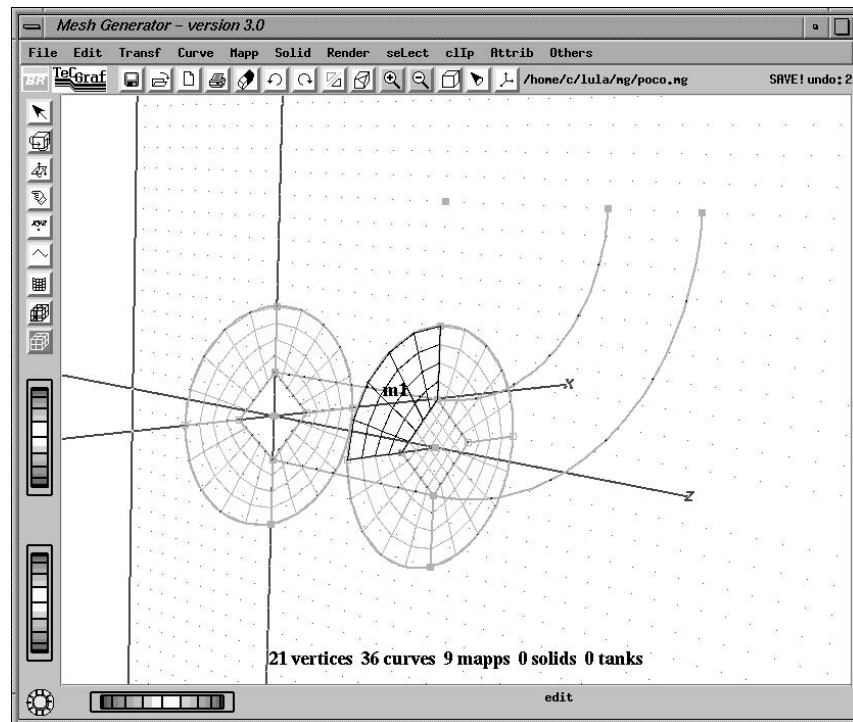


Figura 3.29: Modo de criação de sólidos

3.9.2 C sweep

O mapeamento sólido do tipo **csweep** é equivalente ao **gsweep** bidimensional. Ele é formado por um mapeamento bidimensional que define a forma a ser transladada, e por uma curva que define, através da sua subdivisão, as posições de cada uma das seções transversais.

A Figura 3.32 mostra a malha e a curva geradoras, na parte (a), e o mapeamento do tipo **csweep**, na parte (b).

3.9.3 S sweep

Ainda não está disponível na atual versão, mas consiste de uma extensão do tipo *Csweep* que usa várias curvas e vários mapeamentos, alinhados em sequência.

3.10 Criação de Tanques

Os tanques são regiões fechadas formadas por grupos de mapeamentos bidimensionais quaisquer. Eles representam as regiões estanques ou compartimentos das subdivisões de uma unidade flutuante qualquer, e apenas possuem relevância para usuários do sistema SS-TAB, isto é, na geração de arquivos para este sistema. Nenhum outro arquivo gerado pelo

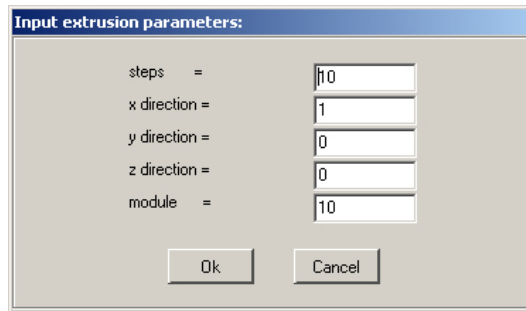
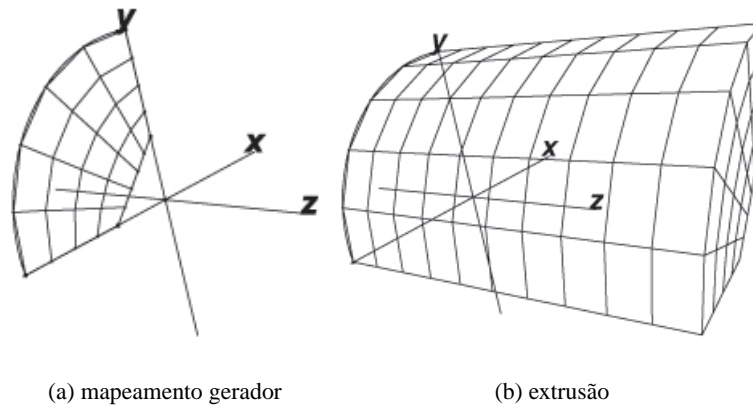


Figura 3.30: Diálogo para definição dos parâmetros da extrusão



(a) mapeamento gerador

(b) extrusão

Figura 3.31: Mapeamento gerador e sólido do tipo **extrusion**

MG inclui a descrição dos tanques, a não ser o arquivo de primitivas.

Os tanques podem ser usados em um processo de modelam qualquer, uma vez que ele representa um “grupo” de mapeamentos bidimensionais. Desta forma, ao serem feitas cópias de tanques, cópias de todas os vértices, curvas e mapeamentos que o compõem são produzidas.

O botão relativo a criação de tanques não inicia um modo de criação, como para as outras entidades. Os mapeamentos devem ser pré-selecionados antes da criação do tanque, e devem formar uma casca fechada única, como mostra a Figura 3.33.

Se a região delimitada pelas malhas selecionadas formar uma casca única e fechada, o programa cria o tanque, que é representado pelo desenho do nome no centro geométrico desta região poliedral. Se o teste indicar uma região aberta o diálogo mostrado na Figura 3.34 é mostrado, e a criação é cancelada. A expressão $14vertices - 18curves + 5mapps = 2$ corresponde à Fórmula de Euler-Poincaré para sólidos de dimensão 1.

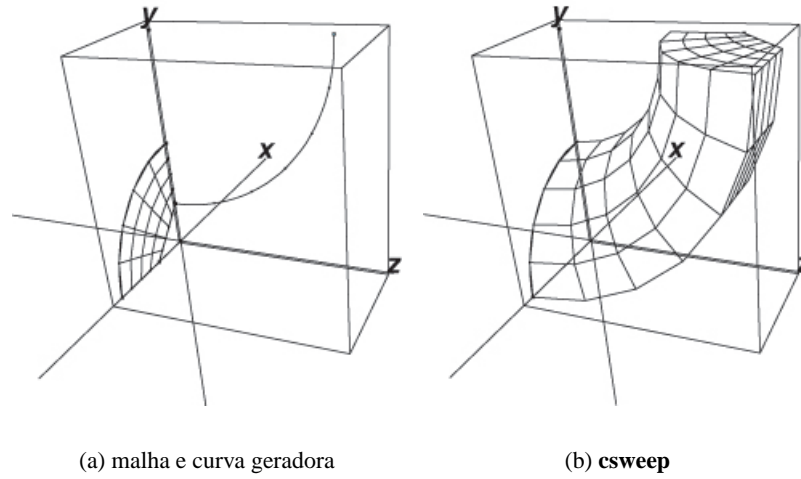


Figura 3.32: Mapeamento e curva geradores e o sólido **csweep**

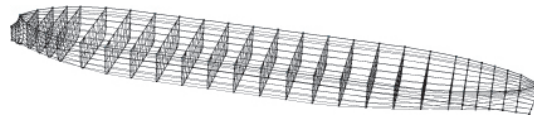


Figura 3.33: Malhas selecionadas para criação de um objeto tipo **tank**

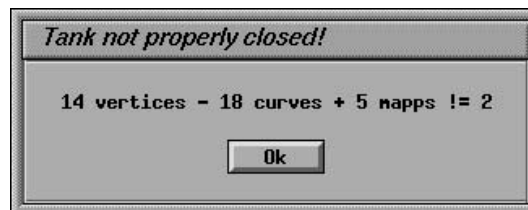


Figura 3.34: Indicação de região não fechada na criação de **tank**

Parte II

Manual de Referência

Capítulo 4

Funções do mg

No Diálogo Principal estão presentes todas as funções necessárias à geração dos modelos. Este diálogo é composto basicamente por um menu na barra superior que controla as funções e as variáveis de ambiente do programa, por um grupo de botões no lado esquerdo que aciona o modo de interface corrente, e pelo *canvas*, ou área de desenho, onde são apresentadas as projeções do modelo e são feitas as edições no modelo por manipulação direta.

4.1 Menu File

No menu **File** encontram-se todas as opções para leitura e criação de arquivos.

4.1.1 Restart

A opção **Restart** limpa a memória do programa, removendo todas as entidades existentes. Se o modelo que se está editando não tiver sido salvo, o programa apresenta o diálogo mostrado na Figura 4.1, antes de confirmar a operação.

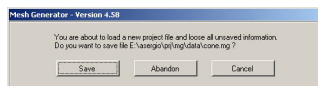


Figura 4.1: Diálogo de arquivo não salvo

4.1.2 Append

Se já existir um modelo aberto no **MG** e o usuário desejar acrescentar primitivas gráficas ao existente, o programa apresenta um diálogo de consulta, antes da leitura, com as opções de acrescentar ou abandonar o modelo existente, ou ainda cancelar a opção. A Figura 4.2 mostra o aspecto do diálogo que controla esta interface.

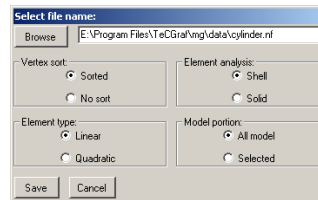


Figura 4.2: Diálogo de Acréscimo de Modelo

4.1.3 Open

A opção **Open** captura no disco um arquivo de primitivas gráficas. O arquivo de primitivas gráficas do MG é descrito no Apêndice B deste volume.

4.1.4 Save

Função usada para salvar o modelo sem alterar o nome do projeto. Se o usuário não tiver fornecido o nome do projeto corrente, o programa aciona a função **save as** que pergunta ao usuário o nome do projeto corrente. Na atual versão o MG é capaz de editar apenas um modelo por vez.

4.1.5 Save As

Nesta opção o programa pergunta ao usuário o nome do projeto corrente, permitindo a sua alteração, para posteriormente salvar o modelo.

4.1.6 Output mesh

As funções do submenu **output mesh** permitem a criação de arquivos de malha nos diversos formatos implementados. Esta função é responsável pelo procedimento de integração automática dos mapeamentos, que são gerados e armazenados individualmente pelo MG (vide Seção 3.1.3). O processo de integração, que é transparente para o usuário, gera uma lista única de nós e outra com a conectividade dos elementos, referente à esta lista de nós. A integração é feita com uma técnica armazenamento em árvore tipo BTree para pesquisa dos vértices coincidentes, o que viabiliza a geração de modelos muito grandes, pois agiliza o algoritmo relativo a esta busca. Este algoritmo foi inicialmente implementado no programa MI [6], e a sua implementação foi extraída deste programa, para que um único modelo seja exportado.

Nesta versão estão disponíveis saídas para:

Neutral file arquivo neutro [5];

Calcae arquivo de entrada para o programa CALCAE;

Wamit arquivo de entrada para o programa WAMIT;

Sstab arquivo de tanques para o sistema SSTAB versão 2.43;

Moses arquivo de primitivas do programa Moses;

Sesam arquivo de geometria do programa SESAM;

Ray noise arquivo de cena do sistema RayNoise;

Fac arquivo de testes da biblioteca G3D [1]

Documentações sobre estes formatos podem ser encontradas nos manuais de referência na DIPREX–SEDEM.

A interface para geração de arquivos para análises por elementos finitos (*Neutral*, *Calcae*, *Sesam*, *Moses*, *Rainoi*) possui o diálogo mostrado na Figura 4.3.

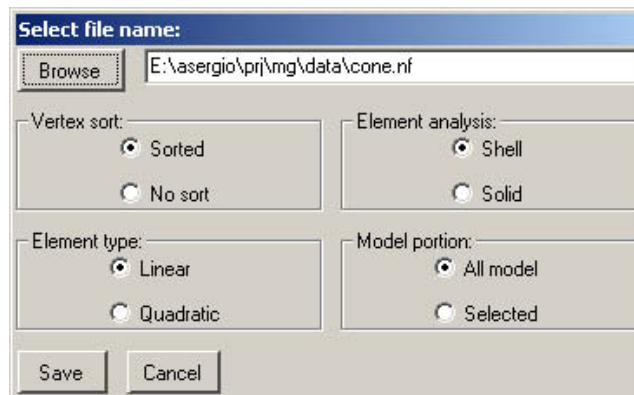


Figura 4.3: Diálogo de exportação de arquivos para elementos finitos

Neste diálogo, além do nome do arquivo, deve-se informar o tipo de ordenação para os vértices (uma ordenação lexicográfica esta associada à opção *sorted*), o tipo de elemento (a opção *quadratic* produz a geração de elementos finitos quadráticos), o tipo de análise (a opção *shell* indica análise de cascas e a opção *solid* faz com que apenas elementos finitos sólidos sejam gerados), e a parcela do modelo que se quer exportar (*all model* ou *selected*).

Para os arquivos referentes a análises de estabilidade (*Wamit* e *Sstab*), e para o arquivo tipo *Fac*, apenas o nome é necessário na interface.

4.1.7 Export

As opções disponíveis em **Export** se destinam à exportação de imagens (vetoriais) para documentação de projetos ou inclusão em documentos texto. Para tanto estão disponíveis saídas para arquivos no formato PostScript, opção **Postscript**, arquivos no formato padrão *Computer Graphics Metafile*, opção **Cgm**, arquivos para Autocad, opção **Autocad**, imagens para a área de transferência do Windows, opção (**clipBoard**), disponíveis apenas nas versões para Windows.

4.1.8 Exit

A opção **exit** encerra o MG. Toda a vez que se descarta um modelo, o programa testa o estado deste modelo com relação ao arquivo de primitivas relativo. Se o modelo contiver alterações não escritas no arquivo, o diálogo mostrado na Figura 4.4 é apresentado. A opção *save* atualiza o arquivo antes de terminar a execução do programa. A opção *abandon*, como o nome sugere, não atualiza o arquivo. A opção *cancel* cancela a chamada de **exit**.

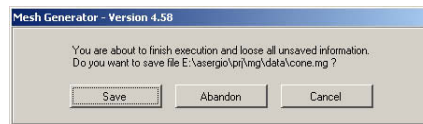


Figura 4.4: Diálogo de abandono de edição

4.2 Menu Edit

As opções do menu **Edit** controlam a edição dos objetos gráficos. Estão disponíveis três grupos de opções destacadas por separadores. As três primeiras a última opção são funções do programa, as opções entre os dois separadores são do tipo liga/desliga. Um símbolo da interface indica quando estas opções estão ativas. Nenhuma ação imediata é provocada por estas opções, elas agem apenas após operações de edição subsequentes.

4.2.1 Undo

Desfaz a última edição feita procurando no arquivo **mgundo** a configuração anterior da estrutura de dados. Se o programa se encontrar no estado básico de edição o botão de **undo** localizado na toolbar horizontal da Figura 4.16, fica inativo indicando a base da pilha.

4.2.2 Redo

Refaz a última edição desfeita procurando no arquivo **mgundo** a configuração posterior da estrutura de dados. Se o programa se encontrar no estado limite (topo da pilha) de edição o botão de **redo** localizado na toolbar horizontal da Figura 4.16, fica inativo indicando o topo da pilha.

4.2.3 Delete

Remove todas as entidades selecionadas previamente. É importante observar a hierarquia presente, ou seja, curvas removem seus vértices e malhas adjacentes.

4.2.4 Create copys

A opção **copy** é usada quando se deseja fazer cópias de entidades existentes. Após a ativação desta opção as operações subseqüentes de translação, rotação e espelhamento passam a gerar uma cópia na posição original antes de efetuar as operações nas entidades selecionadas.

4.2.5 Atract

A atração de vértices de curvas é controlada pela opção **atract** que, de acordo com a tolerância corrente, promoverá ou não a atração de vértices extremos das curvas que se está editando, conforme descrito na seção 7.1.1.

4.2.6 Undoing

Na atual versão do MG o *undo* se utiliza de um arquivo de nome fixo, o **mgundo**, armazenado em disco, contendo todas as etapas de edição desde a entrada no programa. A opção **undoing** liga/desliga o armazenamento dos dados do modelo neste arquivo. Uma vez desligada esta opção, o sistema apresentará um funcionamento mais veloz não permitindo, entretanto, que se desfça ações anteriores.

4.2.7 keyboard

A função **keyboard** altera a entrada de coordenadas no *canvas*. A partir do seu acionamento, esta função provoca o aparecimento de um diálogo para entrada de coordenadas pelo teclado, após o fornecimento de uma posição por apontamento com o cursor no *canvas*. Este diálogo é usado na edição de curvas e vértices, e na translação por manipulação direta. Os valores iniciais apresentados são os calculados com o plano de interface e o ponto fornecido, de acordo com a projecção. O diálogo típico é mostrado na Figura 4.5.

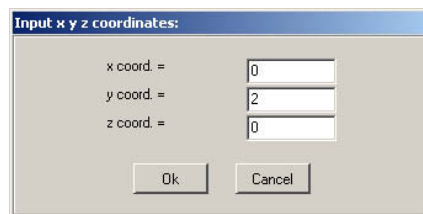


Figura 4.5: Diálogo entrada de coordenadas pelo teclado

4.2.8 Snap to Vertices

Ativando-se a opção **snaptovtx** do menu **Edit**, coloca-se o programa no modo de *snap to vertex*, onde, a cada movimento do *mouse*, faz-se *pick* nos vértices do modelo (espaço da tela, vide Seção 3.5.4). O resultado é o “salto” para a posição do vértice que se encontra próximo ao cursor.

4.2.9 Fixmodel

As cópias de entidades compostas induzem à duplicações de curvas e mapeamentos de superfície, ao longo do processo de modelagem. Esta função aciona um algoritmo de procura de entidades idênticas e eliminação destas entidades.

4.3 Menu Transformation

Neste submenu estão presentes as funções necessárias para se fazer transformações relativas aos eixos cartesianos globais, e operações relativas ao plano de interface.

4.3.1 Rotate around global X

Função usada para fazer uma rotação relativa ao eixo X global.

4.3.2 Rotate around global Y

Função usada para fazer uma rotação relativa ao eixo Y global.

4.3.3 Rotate around global Z

Função usada para fazer uma rotação relativa ao eixo Z global.

4.3.4 Translate along global X

Função usada para fazer uma translação relativa ao eixo X global.

4.3.5 Translate along global Y

Função usada para fazer uma translação relativa ao eixo Y global.

4.3.6 Translate along global Z

Função usada para fazer uma translação relativa ao eixo Z global.

4.3.7 Scale (Sx,Sy,Sz)

Função usada para redesenhar a entidade selecionada de acordo com a escala em coordenadas x , y e z .

4.3.8 Repeat Transformation

Função usada para repetir a última transformação executada pelo usuário.

4.3.9 Set transformation values

Opção relativa a definição dos valores em graus das rotações e do valor das translações a serem aplicadas.

4.3.10 Mirror over interface plane

Função usada para fazer espelhamento das entidades selecionadas com relação ao plano de interface. Na Figura 4.6 (a) mostra-se um modelo de plataforma semi-submersível que possui simetria com relação ao plano xz. Com as entidades selecionadas, a opção **copy** ativada, e o plano de interface posicionado em $y=0$, faz-se o espelhamento, com o resultado mostrado na Figura 4.6 (b).

4.3.11 Cut using interface plane

Esta opção percorre todas as curvas e malhas selecionadas, fazendo a interseção destas com o plano de interface, e criando os vértices e as curvas respectivamente resultantes, sobre este plano. A Figura 4.7 mostra uma operação **Cut** feita com um mapeamento do tipo **rsweep** gerado por uma curva do tipo **arc**. Na parte (a) da figura mostra-se a curva e a malha selecionadas, e na parte (b) mostra-se as curvas e vértices criados pela operação **Cut**. É importante observar que as curvas e malhas que estão selecionadas, e que são efetivamente cortadas pelo plano de interface, são removidas pela função **Cut**.

4.4 Menu Curve

Neste menu podem ser feitas as operações com as curvas. Pode-se selecionar o tipo de curva corrente, ou acionar as funções específicas para curvas. A seleção do tipo de curva não provoca ação imediata do programa, as próximas curvas criadas é que obedecem o tipo escolhido.

4.4.1 Polyline

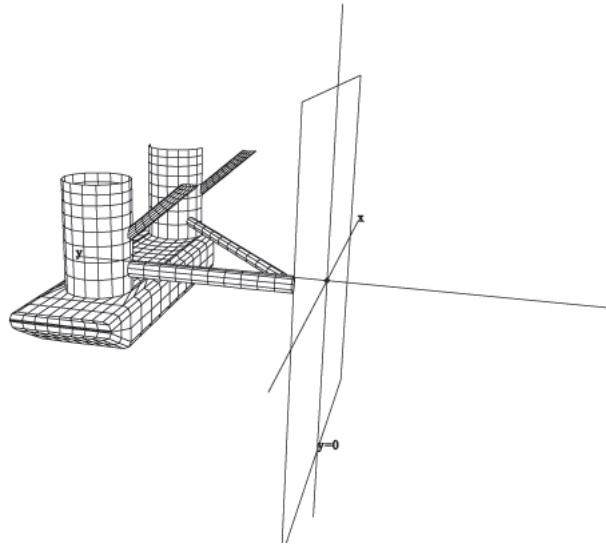
Seleciona o tipo de curva **polyline**.

4.4.2 Spline

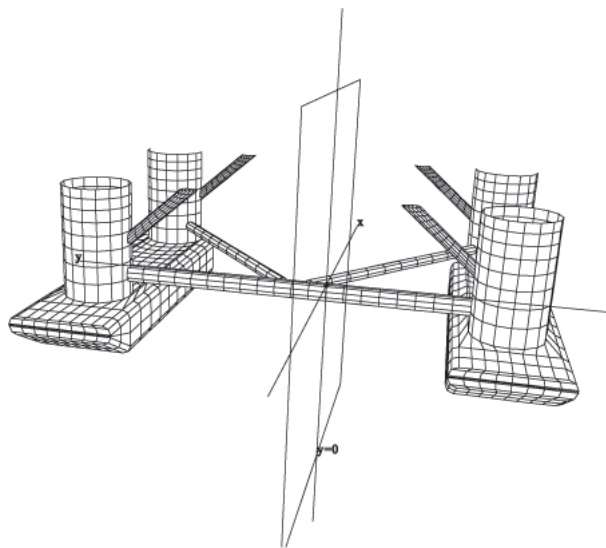
Seleciona o tipo de curva **spline**.

4.4.3 Arc

Seleciona o tipo de curva **arc**.

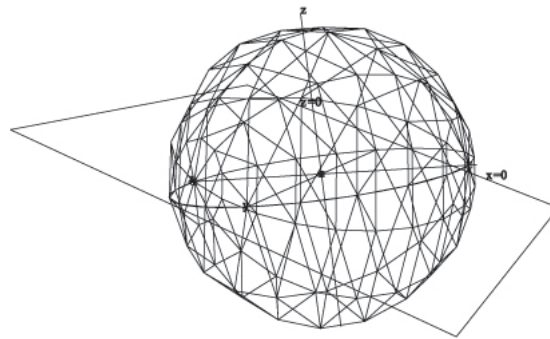


(a) Modelo inicial.

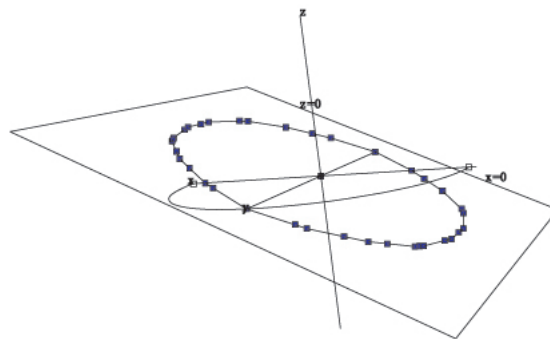


(b) Modelo espelhado.

Figura 4.6: Espelhamento aplicado a um modelo de plataforma semi-submersível.



(a) Modelo original.



(b) Modelo cortado.

Figura 4.7: Operação **Cut** feita em modelo esférico.

4.4.4 Set subdivisiion

Esta opção é responsável pelo tipo de subdivisão de cada curva, ou seja, captura-se o valor corrente do número de subdivisões, no campo **subdivisions** =, e da razão entre o tamanho do primeiro e do último elemento da subdivisão, no campo **ratio** =. Se houver um grupo de curvas selecionadas, que não possuam mapeamentos adjacentes, quando se aciona esta opção, em se confirmando os valores com o botão **Ok**, provoca-se a alteração do valor corrente além da operação de subdivisão destas curvas. A Figura 4.8 mostra o aspecto deste diálogo.

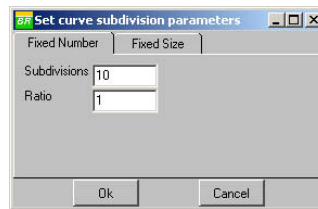


Figura 4.8: Diálogo de subdivisão de curvas

4.4.5 Subdivide selected

Esta opção aplica a subdivisão com os valores correntes às curvas selecionadas, desde que estas não possuam mapeamentos adjacentes.

4.4.6 Invert subdivisions

Esta opção inverte a subdivisão feita, que é dependente da orientação inicial. Para exemplificar a Figura 4.9 mostra as duas possíveis divisões feitas com uma **spline**, em que se especificou 5 subdivisões com uma razão de 0.1.

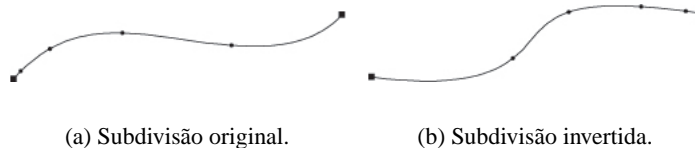


Figura 4.9: Operação **Invert** na subdivisão de curvas.

4.4.7 Join selected curves

Esta opção transforma todas as curvas adjacentes em uma única curva do tipo **straight**. É importante ressaltar que não é possível unir curvas que possuam vértices com mais de duas curvas adjacentes.

4.4.8 Split selected curves

Esta opção equivale a função inversa da função **Join**, ou seja, ela transforma uma curva em várias curvas do tipo **straight**, obedecendo a subdivisão existente.

4.4.9 Edit again

???

4.5 Menu Surface

Neste menu podem ser feitas as operações com as malhas. Pode-se selecionar o tipo de malha corrente, ou acionar as funções específicas para malhas2d. Da mesma forma como na seleção do tipo de curva, a seleção do tipo de malha não provoca ação imediata do programa, as próximas malhas criadas é que obedecem o tipo escolhido.

4.5.1 Bilinear coons

Ativa o tipo de mapeamento para **bilinear**.

4.5.2 Trilinear coons

Ativa o tipo de mapeamento para **trilinear**.

4.5.3 Planar

???

4.5.4 Translational sweep

Ativa o tipo de mapeamento para **sweep**.

4.5.5 Rotational sweep

Ativa o tipo de mapeamento para **rsweep**.

4.5.6 Generic sweep

Ativa o tipo de mapeamento para **gsweep**.

4.5.7 Quadrilaterals

Seleciona o tipo de elemento das malhas como quadrilateral.

4.5.8 Triangles leftcross

Seleciona o tipo de elemento das malhas como triangular com inclinação para a ‘esquerda’. O conceito de esquerda e direita em três dimensões é ambíguo, recomenda-se experimentar as opções **leftcross** e **rightcross** até que se consiga a triangulação desejada.

4.5.9 Triangles rightcross

Seleciona o tipo de elemento das malhas como triangular com inclinação para a “direita”.

4.5.10 Triangles unionjack

Seleciona o tipo de elemento das malhas como triangular com padrão **unionjack**. A triangulação tipo **unionjack** obedece um padrão semelhante à bandeira da Inglaterra como é mostrado na Figura 4.10.

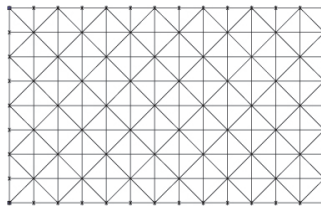


Figura 4.10: Triangulação **unionjack**

4.5.11 Triangles bestcross

Seleciona o tipo de elemento das malhas como triangular com uma triangulação que parte da malha quadrilateral e constrói as diagonais de forma a gerar os triângulos menos deformados (com ângulos mais uniformes). A Figura 4.11 mostra um mapeamento bilinear com a opção **bestcross** ativa.

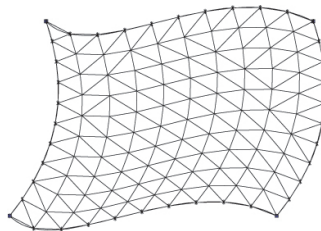


Figura 4.11: Triangulação **bestcross**

4.5.12 Boundary contraction

???

4.5.13 Invert orientation

Esta opção inverte a orientação dos elementos de todas as malhas selecionadas.

4.5.14 Intersect surfaces

Esta opção dispara um processo de cálculo de interseções entre as malhas selecionadas. Podem ser gerados apenas vértices nos pontos de interseções, ou curvas que são integradas automaticamente, na tentativa de gerar curvas conexas únicas. Esta integração feita com as curvas geradas corresponde a uma chamada automática para a opção **Join** sob o menu **Curve**.

A Figura 4.12 (a) mostra dois mapeamentos de rotação com uma interferência visual. Na Figura 4.12 (b) podem ser observadas as curvas geradas pelo cálculo da interseção entre os dois mapeamentos.

4.6 Menu Solid

Neste menu podem ser ativados os tipos de mapeamentos volumétricos disponíveis.

4.6.1 Extrusion

Ativa o tipo de **extrusion** de malha3d.

4.6.2 Curved sweep

Ativa o tipo de **csweep** de malha3d.

4.6.3 Spline sweep

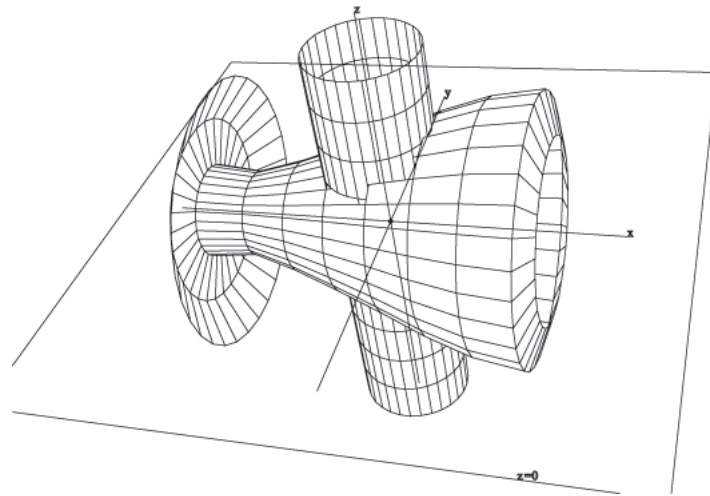
Ativa o tipo de **ssweep** de malha3d.

4.6.4 Tetrahedrals

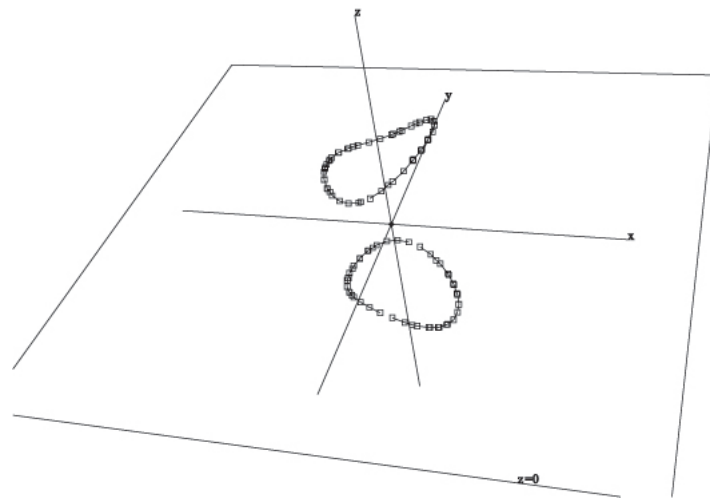
???

4.7 Menu View

O menu **view** controla o desenho das primitivas e o algoritmo de remoção de faces ocultas. Uma *backface* é uma face de algum mapeamento que possui o vetor normal com a direção apontando para a tela do programa. O desenho das *backfaces* é feito na cor cinza claro, e as faces que apontam para o usuário ou são desenhadas em tons de vermelho, se estiverem selecionadas, ou em azul em caso contrário.



(a) Malhas originais.



(b) Malhas interceptadas.

Figura 4.12: Operação **Intersect** em malhas tipo **rsweep**.

4.7.1 Redraw

Esta opção limpa a tela e redesenha o modelo.

4.7.2 Border

Este ítem ativa/desativa o desenho das bordas dos elementos quando se aciona a opção **shading**.

4.7.3 Double buffer

O ítem **double buffer** faz com que o MG passe a fazer o desenho em uma área de memória, e só atualize a vista após o término do desenho de todo o modelo.

4.7.4 Shading

O ítem **shading** provoca um efeito de sombreamento conhecido como *constant shading* que dá uma tonalidade mais forte para as faces mais frontais à vista e mais escuras para as faces mais inclinadas. As *backfaces* são preenchidas com um tom cinza sem gradação de cores, ou seja, desconsiderando-se o efeito de sombreamento.

4.7.5 Wireframe

Este ítem ativa/desativa a visualização dos elementos do modelo com contorno da malha com suas faces transparentes desenhadas como na Figura 4.13.

4.7.6 ZBuffer

Este ítem ativa/desativa a visualização dos elementos do modelo com as faces das superfícies preenchidas com a cor definida pelo usuário como na Figura 4.14.

4.7.7 Painter

Esta opção ativa o desenho do modelo com o algoritmo do *painter*, ou ordenação das faces por profundidade. O efeito é o redesenho do modelo após uma ordenação das entidades gráficas. A utilidade principal desta função é aumentar a percepção do modelo com um desenho mais realista, podendo ser usado também para documentação de imagens.

4.7.8 Entities

Esta opção ativa/desativa o desenho de todas as entidades:

vertex

Esta opção ativa/desativa o desenho dos vértices das curvas.

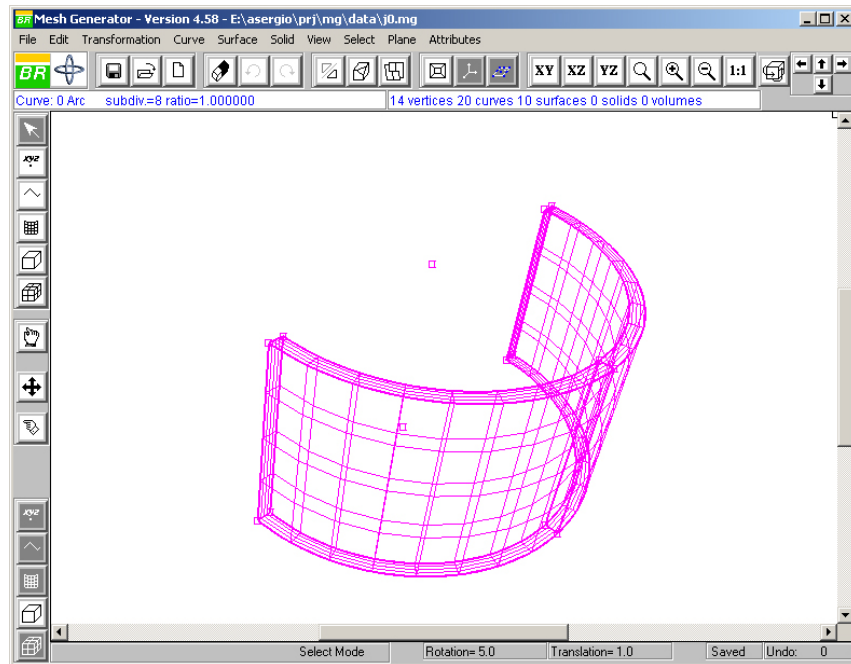


Figura 4.13: Diálogo com a opção **Wireframe** ativada no menu View

curve

Esta opção ativa/desativa o desenho das curvas.

mapp

Esta opção ativa/desativa o desenho das malhas2d.

tank

Esta opção ativa/desativa o desenho dos tanques.

solid

Esta opção ativa/desativa o desenho das malhas3d.

4.7.9 Symbols

Este ítem liga/desliga as opções abaixo:

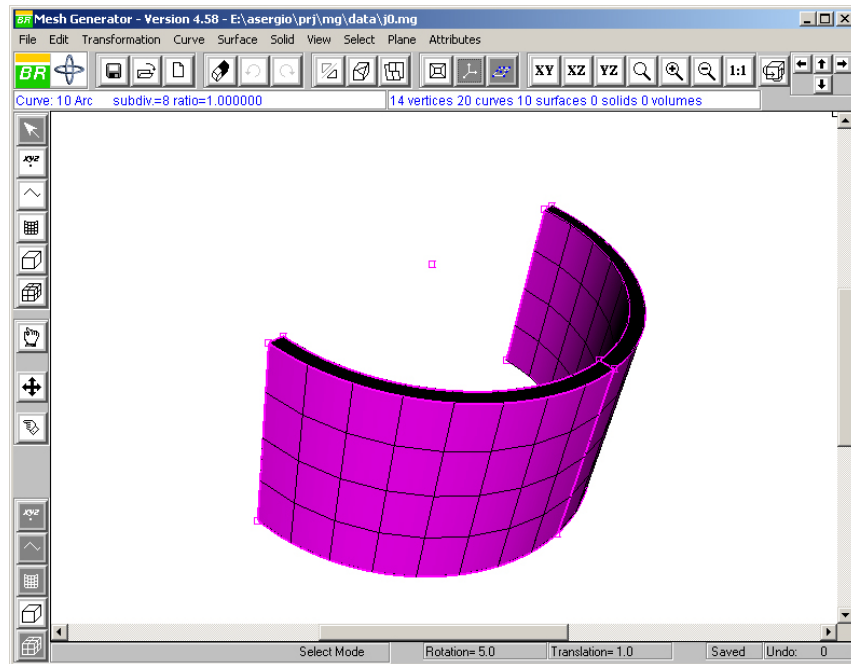


Figura 4.14: Diálogo com a opção **ZBuffer** ativada no menu View

Cursos 3D

Este ítem liga/desliga o desenho do cursor que aparece no modo de edição projetado no plano de interface

Coordinates

Este ítem liga/desliga apresentação das coordenadas do espaço tridimensional na parte superior da área de desenho.

Tolerance

Este ítem liga/desliga visualização da tolerância de atração em duas e três dimensões.

Manipulator

Este ítem liga/desliga a transformação por manipulação.

Numbering

Este ítem liga/desliga a visualização dos números dos elementos da malha.

Normals

Este ítem liga/desliga a visualização das normais de cada nó da malha.

Report Totals

Este ítem liga/desliga o desenho dos totais de entidades desenhadas feito na parte inferior do *canvas*.

Curve Basis

Este ítem ???

4.7.10 Clip entities

Este ítem controla o efeito do plano de interface no desenho das entidades gráficas.

None

Modo *default* onde a posição do plano não influi no desenho.

Above

Ativa o modo de *clipping* onde todas as entidades desenhadas estão totalmente acima do plano de interface.

Below

Ativa o modo de *clipping* onde todas as entidades desenhadas estão totalmente abaixo do plano de interface.

On

Ativa o modo de *clipping* onde todas as entidades desenhadas estão totalmente contidas no plano.

4.7.11 Use origin

???

4.7.12 Record AVI

Este ítem grava um vídeo no formato *.avi* de todo o movimento ocorrido no *canvas* do **MG** com o modelo.

4.8 Menu Select

Este grupo de opções controla a seleção de entidades gráficas do MG. Cada tipo de entidade selecionada torna exclusiva a seleção de determinada entidade.

4.8.1 Vertices

Ativa o modo exclusivo de seleção de vértices.

4.8.2 Curves

Ativa o modo exclusivo de seleção de curvas.

4.8.3 Surfaces

Ativa o modo exclusivo de seleção de malhas2d.

4.8.4 Solids

Ativa o modo exclusivo de seleção de malhas3d.

4.8.5 Volumes

Ativa o modo exclusivo de seleção de tanques.

4.8.6 All entities

Ativa o modo de seleção de todas as entidades (modo *default*).

4.8.7 Multiple Pick

Ativa o modo de seleção para o usuário escolher as entidades em uma lista no diálogo da Figura 4.15.

4.8.8 Quick Pick

???

4.8.9 Invert

Inverte o estados das entidades selecionadas.

4.8.10 All

Seleciona todas as entidades.

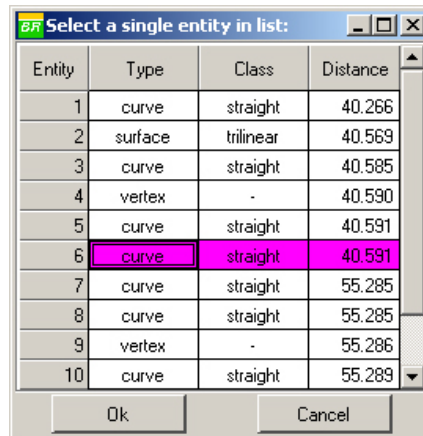


Figura 4.15: Diálogo do modo de seleção Multiple Pick

4.9 Toolbar horizontal

Na *toolbar* horizontal encontram-se botões do tipo *bitmaps* para acionamento das funções mais comumente utilizadas, presentes nos *menus* do MG. Cada botão corresponde a uma ação direta, não alterando o modo de interface corrente em que o programa se encontra.

Na Figura 4.16, os ícones referentes a cada um dos botões são mostrados, com as suas respectivas funções associadas.

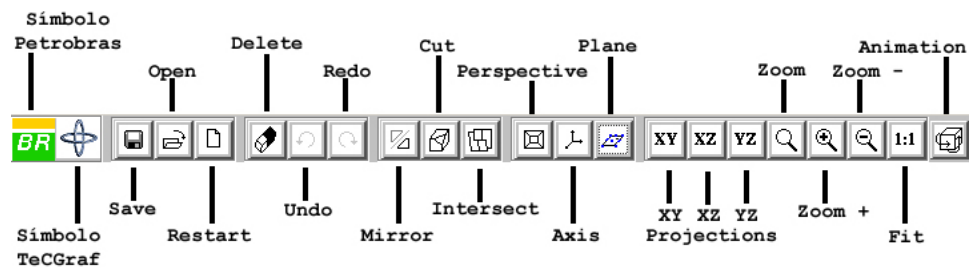


Figura 4.16: Toolbar horizontal e funções associadas

4.10 Botões da toolbar vertical

Os botões da *toolbar* vertical controlam o modo de interface corrente. Eles possuem dois tipos de aparência, cada qual com as cores invertidas. O ícone que estiver com a cor do *background* em cinza, indica o modo de interface corrente. A Figura 3.1 mostra a *toolbar* vertical com cada um dos modos identificado.

O modo de seleção é o modo *default* e que a cada encerramento de uma criação, é reativado. Este modo corresponde ao primeiro botão da *toolbar*.

Parte III

Construção de Modelos

Capítulo 5

Modelos exemplo

Apresenta-se a seguir algumas malhas que foram geradas com o MG e exemplificam o uso do sistema.

5.1 Encontro tubular

Este modelo ilustra a geração de estruturas tubulares que se interceptam. Explorando a dupla simetria (plano $y-z$ e xz), faz-se a geração de apenas um quarto do modelo. Os dois arcos de círculo e as duas retas que formam as superfícies que se interceptam são mostradas na Figura 5.1.

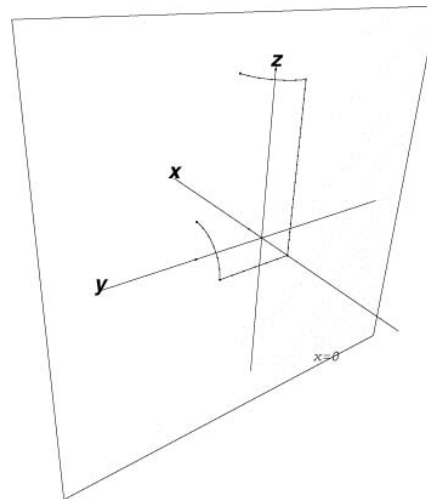


Figura 5.1: Curvas geradoras das superfícies que se interceptam

As malhas2d do tipo **gsweep** geradas com as curvas construídas, possuem interferência visualmente detectável mostrada na Figura 5.2. Estas superfícies são usadas apenas para geração da curva de interseção, sendo destruídas durante o cálculo das interseções.

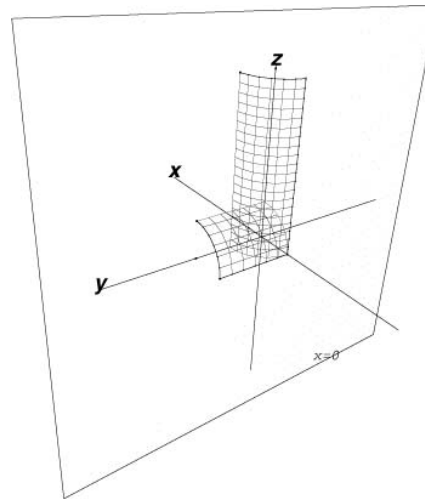


Figura 5.2: Superfícies geradoras dos pontos de interseção

A curva gerada pela interseção dos dois mapeamentos é mostrada na Figura 5.3. As subdivisões já foram feitas preparando-se o modelo para os mapeamentos bilineares gerados a seguir.

Os dois mapeamentos bilineares que compartilham a curva de interseção gerados, são mostrados na Figura 5.4.

Simultaneamente faz-se o espelhamento relativo ao plano yz e xz , gerando o modelo mostrado na Figura 5.5.

As curvas da parte inferior do modelo são geradas por espelhamento das curvas da parte positiva do plano xy , e a curva central é gerada por manipulação direta. As malhas bilineares que compõem a parte inferior da estrutura são mostrados na Figura 5.6.

As tampas laterais foram geradas com 5 mapeamentos bilineares e podem fechar qualquer dos três tubos, fazendo-se cópias com transformações. O modelo final gerado é mostrado na Figura 5.7.

5.2 Casco de navio

Este exemplo mostra a geração do casco de um navio acompanhado de um trecho mapeado para representar a influência do mar na análise. O casco é descrito pelas seções transversais. Estas curvas devem ser geradas individualmente, ou via teclado, ou editando-se o arquivo de primitivas do MG. Neste modelo, para não haver a preocupação com a conectividade das curvas, forneceu-se as coordenadas dos vértices no arquivo, e as curvas foram geradas interativamente usando a opção de visualização **On**, sob o *menu clip*, após posicionamento do plano nas posições das seções transversais. As curvas do tipo **spline** geradas são mostradas na Figura 5.8.

Todas os mapeamentos gerados (bilineares) para o casco são mostrados na Figura 5.9.

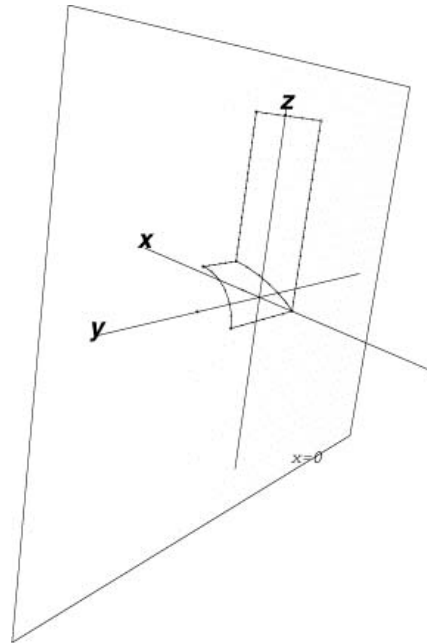


Figura 5.3: Curva de interseção

A representação dos limites do mar na região de interesse é feita com uma curva do tipo **arc**, com centro posicionado próximo ao centro de flutuação do modelo, e conectada ao casco por duas curvas tipo **straight**, como mostra a Figura 5.10.

Para representar a superfície do mar, escolheu-se o mapeamento do tipo **triangulation** que aceita número qualquer de curvas. As curvas que formam o ciclo fechado da região a ser mapeada são apontadas em sequência e o mapeamento gerado, juntamente com o modelo final é mostrado na Figura 5.11.

5.3 Modelo para análise de estabilidade

Para fazer a geração de um modelo para análise de estabilidade no SSTAB, deve-se fazer a modelagem completa, inclusive com os mapeamentos situados na superfície do modelo. O modelo é composto de tanques e não de malhas2d, ou seja, na criação do arquivo para o SSTAB, a descrição das malhas dos tanques são estruturadas separadamente.

A seguir mostra-se o modelo do navio Juruá feito com o calado de 17 metros. Cada região estanque foi definida como um tanque. As malhas2d representando as anteparas destas regiões foram geradas com mapeamentos do tipo **triangulation**. A Figura 5.12 mostra o modelo gerado.

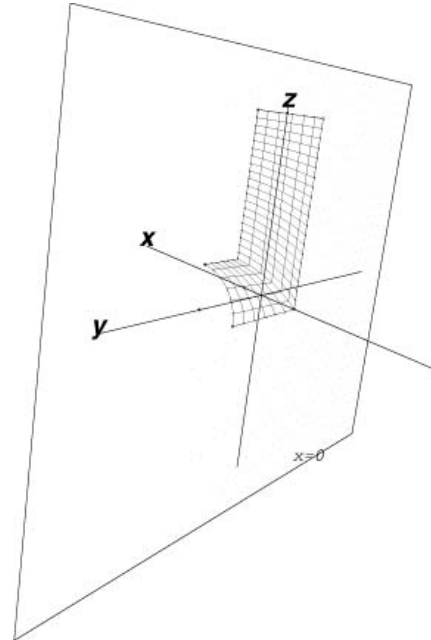


Figura 5.4: Mapeamentos adjacentes à curva de interseção

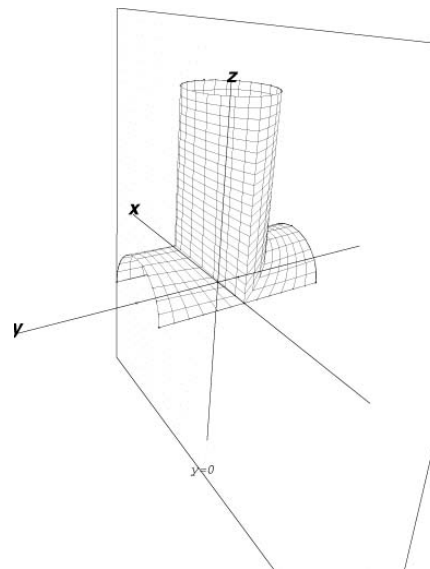


Figura 5.5: Modelo após dois espelhamentos

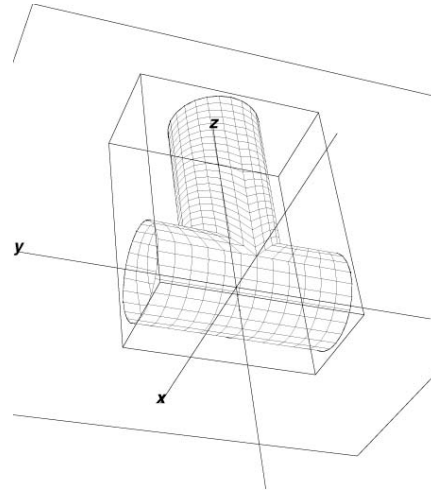


Figura 5.6: Parte inferior do modelo

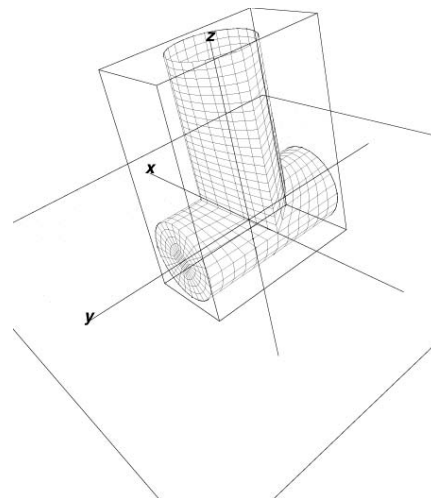


Figura 5.7: Modelo final

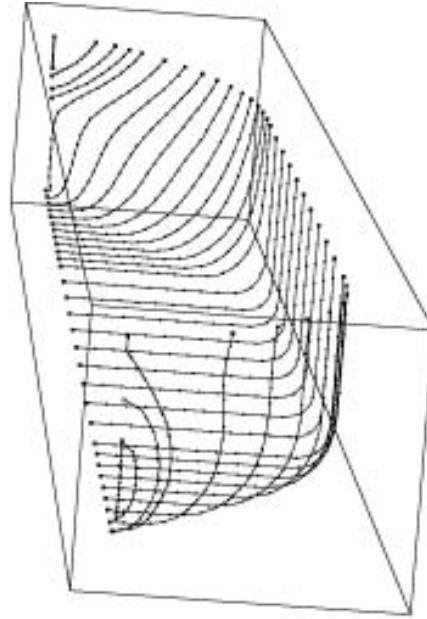


Figura 5.8: Seções transversais do casco

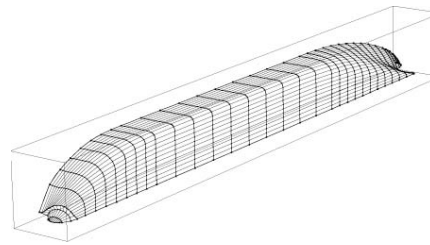


Figura 5.9: Mapeamentos bilineares do casco

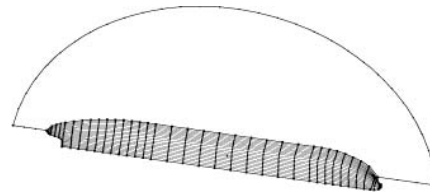


Figura 5.10: Arco de círculo representando o mar

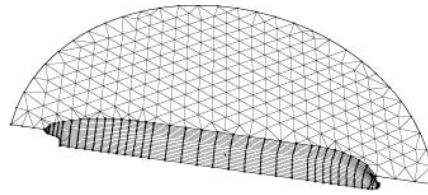


Figura 5.11: Triangulação de delaunay gerada para representar o mar

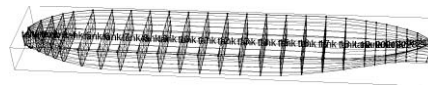


Figura 5.12: Modelo para análise de estabilidade

Referências Bibliográficas

- [1] C.R. Cassino. *G3D - Manual de Referência - versão 1.0*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica - TeCGraf/PUC-Rio, Abril 1996. <http://www.puc-rio.br/tecgraf/manuais/g3d.html>.
- [2] B. Castier, L.F. Martha, and M. Gattass. Uma Taxonomia para Manipulação Interativa e Visualização de Objetos 3D. *Anais do VII SIBGRAPI*, pages 149–156, 1994.
- [3] L.C. Gomes Coelho and C.S. de Souza. Comunicação de problemas e soluções geométricas em uma interface 3d. *Anais do VIII SIBGRAPI*, pages 233–240, 1995.
- [4] L.C.G. Coelho, L.F. Martha, C.S. de Souza, and M. Gattass. Geração de malhas de superfície no espaço com manipulação direta e orientação a objetos. *Anais do XIV CILAMCE*, pages 1275–1284, 1993.
- [5] Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica TeCGraf/PUC-Rio. *Neutral File Format - version 1.0*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica - TeCGraf/PUC-Rio, 1992.
- [6] W. C. Filho. *MI - Manual do Usuário - versão 1.2*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica - TeCGraf/PUC-Rio, 1995.
- [7] C.H. Levy. Iup/led - sistema portátil de interface com o usuário. Master's thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1993. Departamento de Informática.
- [8] M.J.G.M. van Emmerik. A direct manipulation technique for specifying 3d object transformations with a 2d input device. *Computer Graphics Forum*, 9:355–362, 1990.

Apêndice A

Especificação do arquivo de cores

O arquivo de cores do MG é composto pelo nome das cores básicas (as seis primeiras linhas) e pelo número de cores usadas para a tabela de *shading*, na sétima linha. Um arquivo típico é listado a seguir.

```
white  
black  
red  
green  
blue  
darkgray  
100
```

Para facilitar a edição deste arquivo, utilizou-se, ao invés de índices *red*, *green* e *blue*, os nomes das cores. Além dos nomes listados no arquivo típico, lista-se abaixo alguns nomes de cores que podem ser interpretados pelo MG.

```
magenta  
cyan  
yellow  
darkblue  
cadetblue  
turquoise  
beige  
brown  
salmon  
orange  
darkorange  
coral  
pink  
violet
```

Além destes estão disponíveis 5 tons de vermelho com os nomes `red1` a `red5`, e 101 tons de cinza com os nomes `gray0` a `gray100`.

A primeira cor que deve constar do arquivo de cores é a cor do fundo do *canvas*. As 5 cores seguintes têm influência no desenho das primitivas e dos símbolos gráficos. Na 7ª linha, forçosamente deve aparecer o número de cores para *shading*.

Se a tabela de cores não estiver completa no arquivo **mgcolor**, com as 7 linhas definidas, o programa usa as cores *default* reservadas para cada índice.

Apêndice B

Especificação do arquivo de primitivas

Um arquivo de primitivas é composto pela descrição dos atributos do plano de interface, pela descrição dos limites do modelo, pela descrição do controle de manipulação direta, por comandos de descrições de primitivas gráficas, e por um comando de término da geração. Todas as descrições, ou comandos, são identificados por uma letra posicionada na primeira coluna. A Tabela B.1 faz a identificação de cada um destes comandos.

<i>Identificador</i>	<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
p	plane	descrição plano de interface
w	world	descrição dos limites do modelo
g	gest	descrição do controle de manipulação direta
v	vertex	descrição de vértice
c	curve	descrição de curva
s	solid	descrição de sólido
t	tank	descrição de tanque
q	quit	término do arquivo

Tabela B.1: Identificadores dos comandos

O arquivo possui então a seguinte seqüência lógica:

```
plane  
world  
gest  
vertex  
vertex  
vertex  
vertex
```

```
curve
curve
curve
mapp
mapp
mapp
solid
solid
solid
tank
tank
tank
quit
```

A ordem destes comandos deve ser sempre a mesma, podendo ou não existir algumas destas entidades. As entidades que são compostas por outras, forcem, naturalmente a existência de outras. Desta forma, as malhas2d, por exemplo, que possuem referências para curvas, forcem a existência dos comandos de criação das curvas que a compõem. Tanques e sólidos forcem a criação de malhas2d que eles referenciam.

Cada um destes comandos é apresentado nas seções seguintes.

B.1 plane

A posição do plano de interface é definida por um comando do tipo:

```
p draw grid snap spacing
x0 y0 z0
x1 y1 z1
x2 y2 z2
x3 y3 z3
```

Onde, após o identificador de comando `p` aparecem: o identificador do desenho do plano (`draw`) com 1 para *on* e 0 para *off*, o identificador de `grid on/off`, o identificador de `snap on/off`, o valor do espaçamento (`spacing`) do `grid`.

As quatro linhas seguintes correspondem às coordenadas dos quatro pontos que definem o plano.

B.2 world

O comando de descrição dos limites do modelo é feito da seguinte forma:

```
w
xmin xmax
```

```

ymin ymax
zmin zmax
left right bottom top front back
eyex eyey eyez
refx refy refz
vupx vupy vupz ptype

```

Onde, após o identificador de comando *w* aparecem: *xmin xmax, ymin ymax, zmin zmax*, que descrevem os limites do modelo, *left right bottom top front back*, que representam os limites do volume de visão, *eyex eyey eyez*, que informam a posição do observador, *refx refy refz*, que informam o ponto de referência, e, na última linha temos o *vupx vupy vupz ptype*, que representam as três coordenadas do *view up vector* e o tipo de projeção (*p* para perspectiva cônica e *o* para ortográfica).

B.3 gest

O bloco do comando de descrição do controle de manipulação direta possui a seguinte sintaxe:

```

g
ox oy oz
ux uy uz
vx vy vz
wx wy wz

```

Com *ox oy oz* representando as coordenadas da origem do sistema de eixos, e *ux uy uz, vx vy vz, e wx wy wz* representando os versores da base ortonormal que orienta este controle.

B.4 vertex

Os vértices são especificados no arquivo *.mg* com a seguinte sintaxe:

```
v sel index x y z
```

Onde *v* é o indicador da entidade vértice, *sel* indica o estado de seleção da entidade vértice, *index* o índice do vértice, e *x y z* as coordenadas tridimensionais.

B.5 curve

As curvas são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
c sel index type subd ratio
attrib
```

Onde *c* é o indicador da entidade curva, *sel* indica o estado de seleção da entidade curva, *index* o índice da curva (usado na descrição das malhas2d), *type* é o tipo de curva (*spline*, *arc* ou *straight*), *subd* é o número de subdivisões, *ratio* é a razão de subdivisão descrita na seção 8.4.4, e *attrib* é um conjunto de atributos específicos de cada tipo de curva. Nas seções seguintes são feitas as descrições de cada um destes tipos.

B.5.1 spline

As curvas do tipo *spline* são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
c sel index spline subd ratio
np
x1 y1 z1
x11 y11 z11
x12 y12 z12
x2 y2 z2
x21 y21 z21
x22 y22 z22
...
xnp ynp znp
```

Onde *np* é o número de pontos da curva, *x_i y_i z_i* as coordenadas do ponto de interpolação do trecho *i*, e *x_{i1} y_{i1} z_{i1}* e *x_{i2} y_{i2} z_{i2}* as coordenadas dos dois pontos de controle do trecho *i*. Cada *spline* tem *np* pontos de interpolação, *np*-1 trechos e (*np*-1)*2 pontos de controle. Os pontos de interpolação e controle são mostrados na Figura 3.15, Seção 3.6.1.

Uma possibilidade de fazer uma interpolação do tipo *spline* por pontos previamente conhecidos é colocar o número de subdivisões, *np*, com um valor negativo qualquer. Isto faz com que o MG leia apenas os pontos de interpolação. Os pontos de controle são calculados durante a interpretação do arquivo, como se o usuário estivesse fornecendo as posições interativamente.

B.5.2 straight

As curvas do tipo *straight* são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
c sel index straight subd ratio
np
x1 y1 z1
x2 y2 z2
...
xnp ynp znp
```

Onde n_p é o número de pontos da curva, e x_i y_i z_i as coordenadas do ponto i . Os pontos de interpolação e controle são mostrados na Figura 3.16, Seção 3.6.2.

B.5.3 arc

As curvas do tipo `arc` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
c sel index arc subd ratio
x1 y1 z1
x2 y2 z2
x3 y3 z3
xn yn zn
```

Onde x_1 y_1 z_1 são as coordenadas do centro, x_2 y_2 z_2 as coordenadas do início do desenvolvimento, x_3 y_3 z_3 as coordenadas do final do desenvolvimento, e x_n y_n z_n as coordenadas do vetor normal, ou vetor de orientação do arco. Os pontos de controle da curva tipo `arc` são mostrados na Figura 3.17, Seção sec:arcs.

B.6 mapp

As malhas2d são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
m sel index type triopt
attrib
```

Onde m é o indicador da entidade malha, `sel` indica o estado de seleção da entidade malha2d, `index` o índice da malha2d (usado nas descrições de sólidos e tanques), `type` é o tipo de malha2d, `triopt` é o indicador do tipo de elemento conforme descrito nas Seções 4.5.7, 4.5.8, 4.5.9, 4.5.10, e 4.5.11. O campo `attrib` representa um conjunto de atributos específicos de cada tipo de mapeamento de superfície. Nas seções seguintes são feitas as descrições de cada um destes tipos.

B.6.1 bilinear

As malhas2d do tipo `bilinear` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
m sel index bilinear triopt
c1 c2 c3 c4
```

Onde c_1 c_2 c_3 c_4 são os índices das curvas que formam o mapeamento.

B.6.2 trilinear

As malhas2d do tipo `trilinear` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
m sel index trilinear triopt
c1 c2 c3
```

Onde `c1 c2 c3` são os índices das curvas que formam o mapeamento.

B.6.3 triangulation

As malhas2d do tipo `triangulation` são especificadas obedecendo-se a sintaxe seguinte:

```
m sel index triangulation triopt
c1 c2 c3 ...
```

Onde `c1 c2 c3 ...` são os índices das curvas adjacentes que formam o mapeamento, até o fechamento do circuito. O número de curvas pode variar de 2 até “infinito” (não há limitação interna no MG).

B.6.4 sweep

As malhas2d do tipo `sweep` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
m sel index sweep triopt
c1 subd orient
mod xn yn zn
```

Onde `c1` é o índice da curva que forma o mapeamento, `subd` o número de passos do mapeamento, `orient` um indicador da orientação dos elementos da malha, `mod` o módulo ou tamanho do desenvolvimento do `sweep`, e `xn yn zn` as coordenadas do vetor que orienta o `sweep`. Quanto ao campo `orient`, cabe uma explicação extra. Apesar de não fazer parte dos atributos que são fornecidos no diálogo de atributos do mapeamento (vide Figura 3.22(a)), existe um atributo que representa a orientação do mapeamento. A orientação *default* dos elementos depende da orientação da curva que define o mapeamento. Esta orientação inicial pode ser alterada pela função **Invert** do menu **Mapp** (vide Seção 4.5.13), alterando-se então este valor de (0 ou 1), assim como a orientação dos elementos do mapeamento.

B.6.5 rsweep

As malhas2d do tipo `rsweep` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```

m sel index rsweep triopt
c1 subd ang orient
xo yo zo
xr yr zr

```

Onde `c1` é o índice da curva que forma o mapeamento, `subd` o número de passos do mapeamento, `ang` o valor do ângulo de desenvolvimento, `orient` o indicador da orientação dos elementos da malha, da mesma forma como foi descrito na seção anterior, `xo yo zo` as coordenadas do ponto origem do `rsweep`, e `xr yr zr` as coordenadas do vetor de rotação.

B.6.6 gsweep

As malhas2d do tipo `gsweep` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```

m sel index gsweep triopt
c1 c2 orient

```

Onde `c1` é o índice da curva de fronteira, `c2` é o índice da curva que descreve a trajetória, conforme descreve a Seção 3.8.5, e `orient` o indicador da orientação dos elementos da malha, da mesma forma como foi descrito na Seção B.6.4.

B.6.7 transition

As malhas2d do tipo `transition` são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```

m sel index transition orient
c1 c2 c3 c4
n m
i11      i12      i13
i21      i22      i23
...
i(n+m)1 i(n+m)2 i(n+m)3

```

Onde `c1 c2 c3 c4` são os índices das curvas que formam o mapeamento, `n` é o número de divisões em uma direção do padrão, `m` é o número de divisões na outra direção do padrão, e `i11 i12 i13` até `i(n+m)1 i(n+m)2 i(n+m)3` a topologia do mapeamento de transição, conforme descreve a Seção 3.8.6.

B.7 solid

As malhas3d são especificadas obedecendo-se a sintaxe a seguir:

```
s sel index type triopt
attrib
```

Onde *s* é o indicador da entidade sólido, *sel* indica o estado de seleção da entidade malha3d, *index* o índice da malha3d, *type* é o tipo de malha3d, *triopt* é o indicador do tipo de elemento (ainda não usado na versão corrente). O campo *attrib* representa um conjunto de atributos específicos de cada tipo de mapeamento sólido. Nas seções seguintes são feitas as descrições de cada um destes tipos.

B.7.1 extrusion

O mapeamento sólido do tipo *extrusion* é equivalente ao de superfície do tipo *sweep*. A sintaxe é descrita a seguir:

```
s sel index extrusion triopt
subd orient
mod ux uy uz
m1
```

Onde *subd* é o número de subdivisões (passos) da extrusão, *orient* é a orientação da malha sólida, *mod* o módulo ou tamanho do desenvolvimento, *ux uy uz* são as coordenadas do vetor direção, e *m1* o índice da malha2d que forma o sólido.

B.7.2 csweep

O mapeamento sólido do tipo *csweep* é equivalente ao de superfície do tipo *gsweep*. A sintaxe é descrita a seguir:

```
s sel index csweep triopt
orient
m1 c1
```

Onde *orient* é a orientação da malha sólida, *m1* o índice da malha2d que descreve a seção transversal de arrasto e *c1* é o índice da curva que descreve a trajetória.