

	Sinal para indicar contração “+”, ou expansão “-”. - Botão de validação das informações preenchidas no formulário.
Página de Sondas	Indica a configuração das sondas pontuais e planares, caso existam seguirá as seguintes características: - Número de sondas pontuais, sendo que cada sonda tem as seguintes especificações: - Início da sonda em i, j, k; - Posição da sonda em x, y, z; - Caixa de seleção da variável, podendo ser: u, v, w, p, t; - Frequência. - Número de sondas planares sendo que cada sonda contém as seguintes especificações: - plano onde está a sonda: sendo $x = 1$, $y = 2$ e $z = 3$; - posição na direção escolhida; - passo de tempo para salvar as informações deste plano. - Botão de validação das informações preenchidas no formulário.
Página de particionamento	Configura o arquivo de particionamento dos domínios, escolhendo a quantidade de processadores usados no cluster para simular o caso. O arquivo conterá: - Número de processadores usados, sendo que para cada processador deverá ser especificada a seguinte informação: - Início do domínio em x, y e z; - Fim do domínio em x, y e z; - Número de volumes em x, y e z; - Valores para transladar a fronteira imersa para a

	posição nos domínios x, y e z; - Botão de validação das informações preenchidas no formulário.
--	---

Tabela 3.1. Roteirização do *site* para interface.

Referente ao roteiro com as informações das páginas do site, acima citado, cabe observar que as Condições de Contorno que definem a interface fluido-sólido nos métodos convencionais são tratadas virtualmente pela metodologia de fronteira imersa. Em outras palavras, os campos de força acrescentados às Equações de Navier Stokes modelam a interface fluido-sólido. As condições de contorno na geometria (malha lagrangiana) inserida neste domínio podem ser impostas através do modelo físico virtual (Lima e Silva, 2002), tal característica é uma opção na forma de implementação do solver em questão, devido a metodologia adotada para o mesmo.

Depois de finalizado o roteiro, segue-se aliando as considerações provenientes dos estudos até agora efetivados, e assim parte-se para a idealização do layout da interface. Sendo a página inicial composta pela figura 3.19. e as demais páginas semelhantes a figura 3.20, alterando somente as informações referente a cada aba, citada na tabela 3.1 acima.

The screenshot shows the homepage of the IB.CFD website. At the top, there are two logos: 'LTCM' and 'Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos. Dinâmica dos Fluidos computacional Utilizando Fronteira Imersa. IB.CFD'. Below the logos, there is a 3D visualization of a fluid flow around a structure. To the right of the visualization, there is a text block describing the website's purpose: 'Dinâmica dos Fluidos Computacional - CFD, é a análise de sistemas envolvendo escoamento de fluidos, transferência de calor e associada a fenômenos como reações químicas por meio de simulações computacionais. O IB.CFD, tem como objetivo oferecer aos usuários uma interface gráfica amigável e interativa baseada na internet, para que, sobre uma geometria simples ou complexa, possam ser calculados alguns parâmetros importantes para dinâmica dos fluidos como: Coeficiente de arrasto, Coeficiente de Sustentação, coeficiente Lateral, etc.' Below this text, there is a login section titled 'Login IB.CFD - LTCM' with fields for 'Usuário' and 'Senha', and a 'Submit' button. At the bottom, there is a 3D visualization of a mesh for a train car. Two red annotations are present: one on the top right pointing to the logos with the text 'Mensagem-chave e identificação da página da interface', and another on the bottom right pointing to the login section with the text 'Área restrita a usuários do solver (Login da interface)'.

Fig 3.19. Página Inicial.

LTCM

Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos.
Dinâmica dos Fluidos computacional Utilizando Fronteira Imersa.

IB.CFD

Configuração do Projeto

Condições de Contorno Malha Euleriana Sondas Particionamento Geometria

Configuração do Projeto

Main path

Field path

Probes path

File Name

Curr_grid

Curr_bound

Curr_prb

Curr_stl

Curr_node

Ok

Botão de validação das informações preenchidas no formulário.

Formulário a ser preenchido para configuração da simulação a ser executada.
Ex: aba de configuração do projeto

Fig 3.20. Página da interface de configuração do solver.

3.4.4.Fase IV: Desenvolvimento e Implementação

Nesta fase da metodologia, será abordada a programação a ser vinculada à interface, utilizando-se de tecnologias disponíveis, de acordo com a qualificação das mesmas, feitas no capítulo anterior. Apesar de alterar os códigos computacionais da interface, acrescentando algumas páginas de programas em PHP, a interface não sofre alterações em função da programação.

Uma das páginas de código acrescentada a interface é a validação do *login* de usuários mostrada na figura 3.21 abaixo. Nesta página, as funções mais importantes usadas são: método POST e consulta SQL. No método POST, as informações digitadas na área de *login* (usuário e senha) são passadas ao código para posterior comparação. A consulta em SQL é utilizada para buscar no banco de dados se existem as informações passadas pelo método POST, com esta informação é feita uma comparação para validar a existência do usuário, mediante tal validação, o usuário tem acesso à interface do solver.

```

<?php
$user = $_POST["usr"];
$password = $_POST["passwd"];
$conexao = mysql_connect ("localhost", "root", "") or // conecta ao B.D
            die('Could not connect: ' . mysql_error());
mysql_select_db("login"); // seleciona a tabela
$resultado = mysql_query("select * from usuario where usr='$usr'
                        and passwd='$password'"); //consulta existência
                                                    // de usuário

$linhas = mysql_num_rows($resultado); // verifica número de resultados
if($linhas != 0) // se resultado diferente de zero
{ header("location: menu.htm"); } // chama página do solver
  else{ include "user_incorreto.html"; } // chama página de erro
  mysql_close($conexao); // fecha conexão c/ BD.

?>

```

Figura 3.21. Página de Código para validação de usuário.

Além das funções acima citadas, o PHP nos oferece diversas funções relacionadas com o *filesystem* do sistema operacional. Pode-se então utilizá-las para realizar operações de gravação e leitura de dados em arquivos-texto (txt). As mais utilizadas são *fopen* (abertura), *fclose* (fechamento), *fwrite* (escrita), *fread* e *fgets* (leitura). Utilizando estas funções, as informações digitadas nos formulários da interface do solver serão arquivadas para posterior uso pelo código. Abaixo (figura 3.22) segue uma ilustração de como são usadas as funções acima citadas, uma vez que o código da interface possui cinco páginas de formulários e cada uma com várias informações a serem escritas em arquivos, um exemplo simplificado será mostrado.

```

<?php
$arquivo = "cond_contorno.txt";
$write = "Condições de contorno";
$fd = fopen ($arquivo, "w"); //abre o arquivo
      fwrite ($fd,$write); //escreve no arquivo
      fclose ($fd); //fecha o arquivo

?>

```

Figura 3.22. Uso simplificado das funções de PHP.

3.4.5 – Fase V: Caixa Preta

Como citado anteriormente, a caixa preta denomina uma atividade transformativa entre o que entra de um lado da caixa, o processo obscuro que ocorre dentro desta, e o

resultado final que sai pelo outro lado. Os resultados são apenas respostas do processo de simulação computacional, no qual sempre que se haja necessidade de efetuar uma nova simulação, novos dados poderão entrar e ser considerados, alterando o resultado final.

Como o objetivo dessa dissertação não é validar o código computacional existente, esta etapa serve somente para citar que existe um código que será vinculado a interface, de forma a facilitar o uso do solver.

3.4.6 – Fase VI: Manutenção e Observação

Como a interface foi desenvolvida no LTCM, as devidas sugestões e modificações a serem executadas foram realizadas no decorrer da implementação do *site*, uma vez que houve participação conjunta da equipe do laboratório para compor o design da interface. No entanto, alterações posteriores são sempre possíveis para atualização e melhorias da interface.

3.5. Metodologia de Geração de Geometrias

A metodologia adotada para geração de geometrias e por consequência das malhas, segue conceitos adotados pelo GMSH, por ser esta a ferramenta adotada para gerar as formas a serem virtualizadas computacionalmente. Vide Anexo nº I - Tutorial do GMSH.

No GMSH, geometrias são criadas por um fluxo sucessível de clique para definir os pontos das mesmas, definir suas linhas orientadas (segmentos de retas, círculos, elipses, splines, etc.), superfícies orientadas (superfícies planas, superfícies curvas, etc.) e volumes. Grupos compostos por entidades geométricas podem ser definidos, baseados nestas entidades geométricas elementares.

A malha de elementos finitos gerada com base na geometria criada a priori, é a tecelagem de um dado subconjunto de espaços tridimensionais de elementos geométricos elementares de varias formas (Ex: linhas, triângulos, quadriláteros, tetraedros, prismas, hexaedros, e pirâmides), arrançados de forma que se dois deles se interceptam, eles formam uma face, uma borda ou um nó. Portanto a geração da malha é executada na mesma sequência de criação da geometria, partindo das estruturas mais simples até chegar às mais complexas.

As geometrias simples são desenhadas com conceitos simples. Para criar, por exemplo, uma esfera, basta definir as dimensões da mesma, especificar os pontos extremos

da mesma, ligar estes pontos com arcos de circunferência e definir que cada face da esfera será uma superfície curva, Figura 3.23.

No caso de geometrias complexas, a idéia principal é partir da composição de geometrias simples e conseqüentemente gerar formas complexas compostas. Porém, para as geometrias complexas desejadas para esta dissertação, sendo algumas delas automóveis e aviões, a simples composição através de união de formas simples torna-se inviável. Sendo assim, existe a necessidade de certa destreza para desenho, o que dificulta mais ainda a geração dessas geometrias, uma vez que no GMSH os pontos devem ser editados um a um.

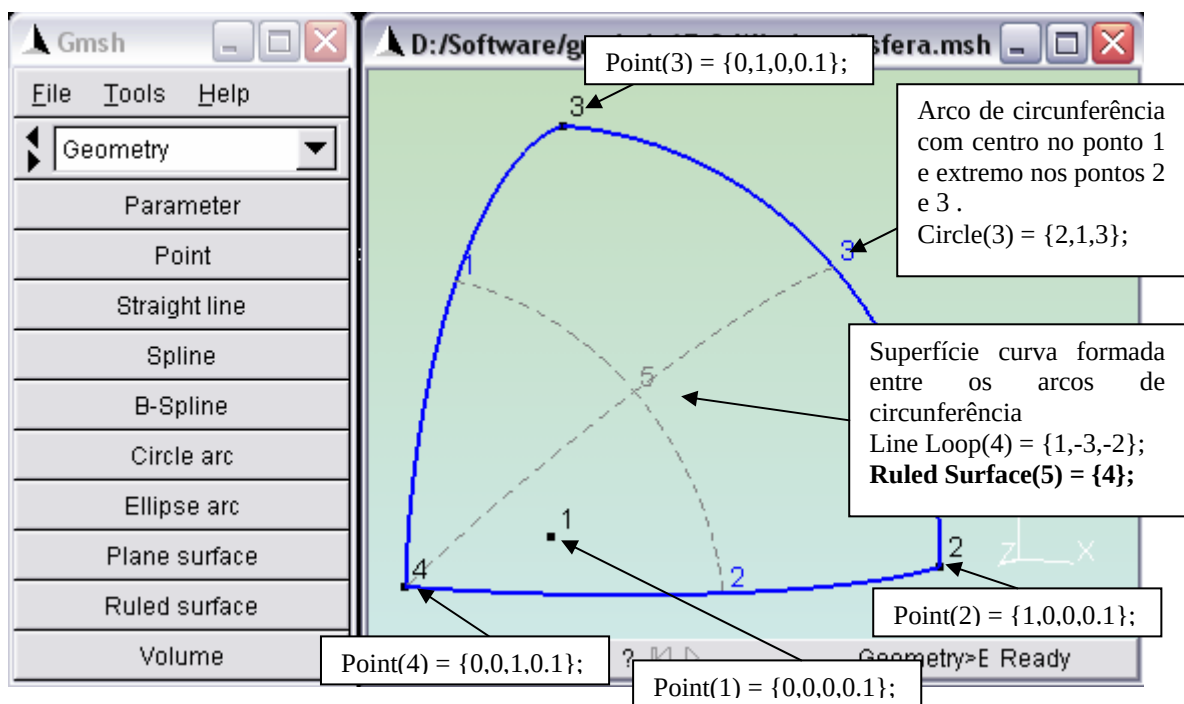


Figura 3.23. Quadrante de uma esfera com seus respectivos elementos.

Para os exemplos de geometria complexa acima citados, informações sobre os modelos originais em tamanho real foram pesquisadas no *site* dos fabricantes dos mesmos, sendo eles:

Modelo:	Lamborghini Gallardo	Legacy 600
Comprimento:	4,3m	26,33m
Largura:	1,9m	21,17m
Altura:	1,165m	6,76 m

Tabela 3.2. Dimensões dos modelos originais.

Após verificar as dimensões dos modelos a serem virtualizados

computacionalmente, há uma necessidade de adquirir fotos dos mesmos, com a finalidade de visualizar detalhes que não podem ser vistos com imagens 2D. No caso do Legacy 600, algumas fotos adicionais foram consultadas, pois o comprimento acima citado faz referência à envergadura das asas, necessitando ainda de informações sobre altura e comprimento do corpo do avião, Figura 3.24. Lamborghini Gallardo e Figura 3.25. Legacy 600.

Verificado as dimensões, a única necessidade antes de virtualizar o modelo é fazer um desenho em unidades de medidas menores, para facilitar o desempenho computacional. Na figura 3.26 mostra-se uma Lamborghini Gallardo desenhada em escala. Na figura 3.27, um legacy 600 visualizado em escala.



Figura 3.24. Lamborghini Gallardo.

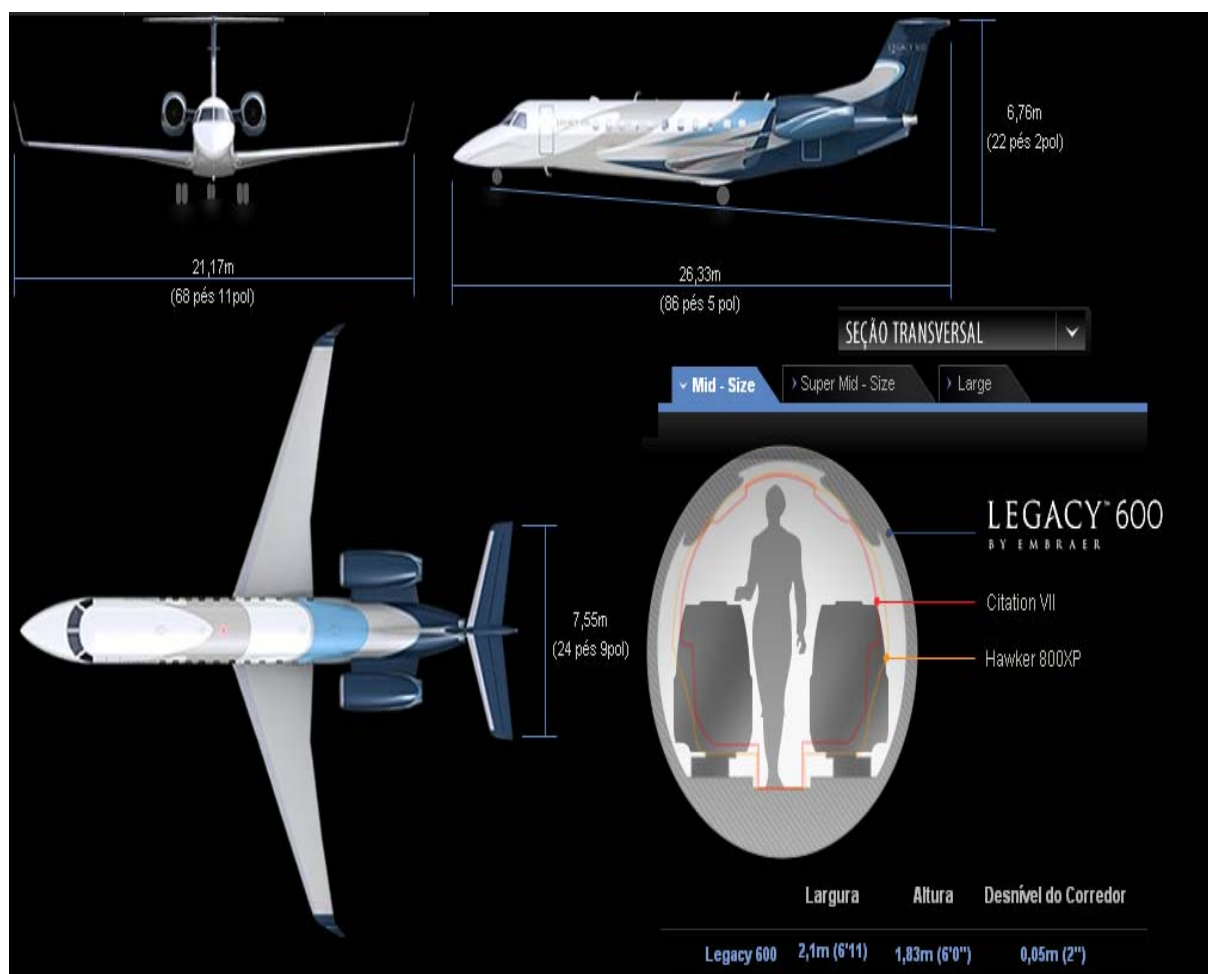


Figura 3.25. Legacy 600 com especificação das dimensões.

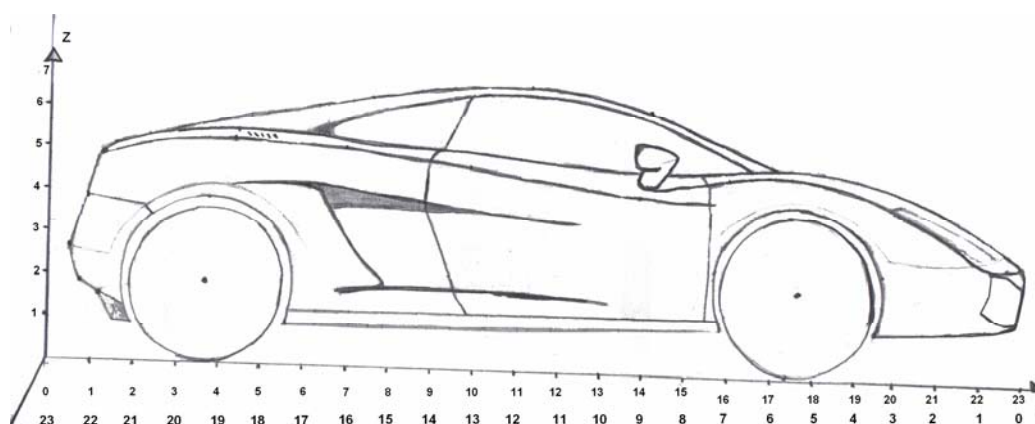


Figura 3.26. Croqui da Lamborghini com escala em centímetros.

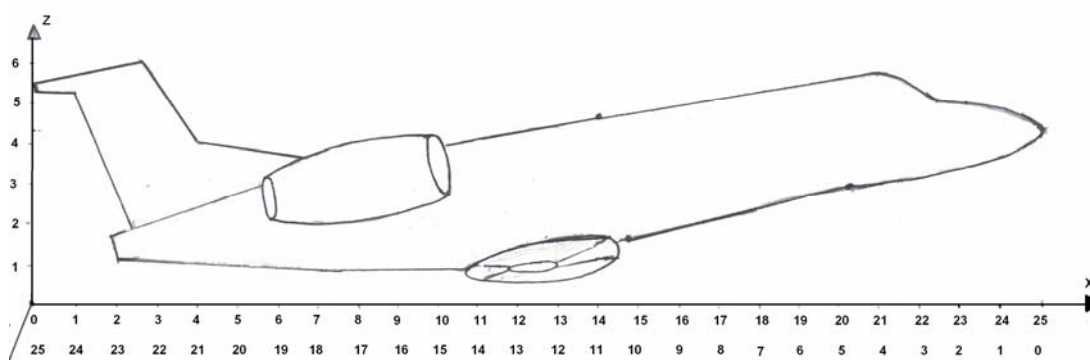


Figura 3.27. Croqui do Legacy 600 com escala em centímetros.

Como se pode notar, os esboços das geometrias a serem geradas no GMSH são bem simplificados, de forma a orientar na criação do perfil dos mesmos. Para se desenhar o modelo antes de virtualizá-lo, algumas definições são necessárias. A geometria a ser desenhada deve estar apontando para o início do eixo “x”. Por isso existem duas escalas neste eixo, uma com a orientação crescente e outra invertida, para que na hora da virtualização se utilize a escala invertida. Essa preocupação com a orientação da geometria parte da predefinição que o domínio onde a geometria será inserida no eixo x, portanto para simular o escoamento contra a geometria ela deve estar apontando para o início deste eixo. Além desta especificação, a altura da geometria deve ser definida no eixo z, ficando o comprimento em y.

Mesmo sendo um processo que exige destreza e paciência, os resultados obtidos na geração de geometrias complexas são satisfatórios. Os resultados serão mostrados no capítulo seguinte, juntamente com outras geometrias simples.

CAPITULO 4

Resultados

Neste capítulo, serão apresentados os resultados referentes à interface gráfica desenvolvida para o código CFD Fluids-3D, mostrando suas principais características.

De acordo com Vedovoto (2007), as mudanças realizadas no pré-processamento do solver disponível no LTCM viabilizaram uma maior facilidade de *set-up* físico das simulações e facilitou também a importação de geometrias, possibilitando assim, o estudo de escoamentos sobre diversas geometrias.

Portanto, serão apresentados resultados obtidos com a utilização do solver do LTCM, através dos quais torna-se possível verificar a validade das malhas geradas utilizando o GMSH, bem como resultados de aplicações de CFD a escoamentos sobre geometrias complexas. Vale ressaltar que como o objetivo desse projeto era elaborar uma interface para pré-processamento, as imagens de pós-processamento foram elaboradas com pacotes comerciais e geradas por Vedovoto (2007).

Assim, serão ilustradas as duas contribuições do presente trabalho: o desenvolvimento da interface gráfica que possibilita o acesso remoto ao solver, facilitando no seu manuseio, e também no estabelecimento do procedimento de geração de malha utilizando-se o GMSH.

4.1. Idealização do Layout da Interface

Após a idealização da interface, utilizando as definições metodológicas citadas no capítulo anterior, parte-se para idealização da interface a ser relacionada com o solver do

LTCM. Nesta idealização, serão apresentadas as páginas da interface, juntamente com seus respectivos comentários técnicos, conforme mostrado na figura 4.1.

4.1.1 Fatores Humanos no projeto da interface.

Por ser uma ferramenta de diálogo entre o computador e o ser humano e para que isto ocorra de forma harmoniosa, deve-se levar em conta os fatores humanos, ou seja, deve-se entender o usuário e seu comportamento. As tarefas que o sistema executa para o usuário e principalmente as tarefas que são exigidas do usuário nesta interação devem ser levadas em consideração.

Para produzir uma interface, deve-se levar em conta o elemento primordial na interação com o software: o usuário. Respondendo a perguntas do tipo: quem são eles; como eles interpretam as informações produzidas pelo sistema; como ele aprende a interagir com o sistema; podendo-se assim, projetar a interface da melhor forma possível.

Quando é necessária uma interface ser humano-computador (HCI - *Human-Computer Interface*), deve-se lembrar que para o ser humano é predominante o uso dos sentidos visual, tátil e auditivo, através da qual o usuário de um sistema possa abstrair melhor da informação que a ferramenta possibilita fornecer, armazená-las na memória e processá-las usando raciocínio indutivo.

Para um raciocínio indutivo no desenvolvimento da interface, utilizou-se de meios visuais como, por exemplo: relatórios, formulários, gráficos ou qualquer atrativo visual. Os estilos de integração ser humano-computador percorrem uma grande quantidade de opções que estão relacionadas às tendências HCI, porém como foi visto na introdução do presente trabalho, a ferramenta disponível no LTCM possui um modelo de HCI denominado de interface de comando e consulta, justificando assim, a utilização das tendências supra citadas. A interface que era utilizada no solver do LTCM funcionava através de comunicação puramente textual e impulsionada mediante os comandos e respostas a consultas geradas pelo sistema, na qual o usuário especifica um comando no modo texto de interação com o software.

Metáfora Utilizando escoamento sobre automóvel para relacionar a CFD

Uso de pregnância através da repetição do nome da interface.

Laboratório de Transferência de Calor e Massa e Dinâmica dos Fluidos. Dinâmica dos Fluidos computacional Utilizando Fronteira Imersa

LTCM

IB.CFD

Dinâmica dos Fluidos Computacional - CFD, é a análise de sistemas envolvendo escoamento de fluidos, transferência de calor e associada a fenômenos como reações químicas por meio de simulações computacionais.

O IB.CFD, tem como objetivo oferecer aos usuários uma interface gráfica amigável e interativa baseada na internet, para que, sobre uma geometria simples ou complexa, possam ser calculados alguns parâmetros importantes para dinâmica dos fluidos como: Coeficiente de arrasto, Coeficiente de Sustentação, coeficiente Lateral, etc.

Uma metodologia alternativa para se resolver escoamentos sobre geometrias complexas e móveis aplicada no LTCM, é chamada de metodologia de Fronteira Imersa (Immersed Boundary - IB).

Neste método, a presença de uma interface fluido-sólido, ou mesmo uma interface fluido-fluido, pode ser simulada pela adição de um termo de força às equações do movimento do fluido.

A geração da malha computacional é uma etapa extremamente importante para a simulação de um escoamento em CFD. Neste projeto, foram pesquisadas formas alternativas (softwares livres) para gerar malha de geometrias complexas, de forma a utilizá-las no IB.CFD do LTCM. Abaixo temos um exemplo de malha de um trem de pouso gerada pelo GMSH, um software gratuito de alta disponibilidade e de fácil manuseio.

Área distinta para informações sobre Tecnologias usadas no solver: Fronteira Imersa, Geração de Malha e Conceito de CFD

Área distinta para login dos usuários, adicionando caráter de restrição e segurança ao solver.

Login IB.CFD - LTCM

Usuário

Senha

Submit

Figura 4.1. Página inicial do solver do LTCM com comentários técnicos.

Como mostrado na figura 4.1 acima, a página inicial segue a organização do roteiro, abordando o conteúdo específico de mecânica dos Fluidos. Por ser uma página informativa, a página inicial não possui menus aparentes, evitando a interação de usuários com a interface do solver, sem autorização previa. Para a autorização do usuário, existe uma área distinta para *login*, atribuindo caráter de restrição e segurança para o solver do LTCM.

Como foi citado na metodologia da atual dissertação, foram utilizadas técnicas de desenvolvimento de interface gráfica. Portanto, desenvolver a interface simplificada, tem uma justificativa simples, pois ao facilitar o manuseio da interface, o usuário obterá um ritmo natural de interação, podendo até se esquecer de que está se comunicando com um software.

A característica de facilidade na interação usuário-interface é visível na página inicial,

caracterizada por ter pouco conteúdo, valendo-se de mensagens chaves explicitas, de forma a identificar facilmente a funcionalidade da interface.

Com o aprofundamento no aprendizado sobre fatores humanos e suas influências sobre o projeto de interfaces, concluiu-se que a melhor forma de oferecer benefícios ao usuário é por meio de uma interface moderna baseada em janelas¹ como mostrado abaixo, figura 4.2.

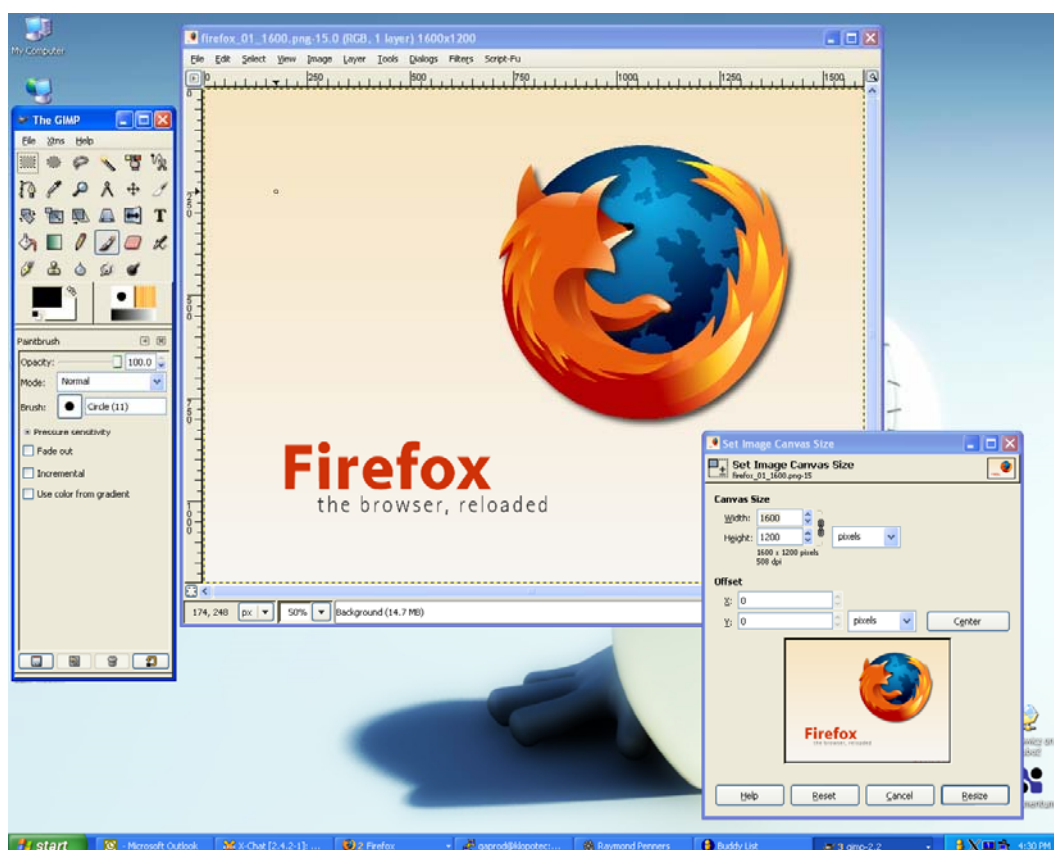


Figura 4.2 – Janela, ícones, menus e dispositivos de indicação.

Como objetivo do presente trabalho é oferecer ao usuário do código do LTCM uma interface que lhe possibilite exibir diferentes tipos de informações, de modo que o usuário possa interagir entre formulários no solver do LTCM, tendo disponível em uma tela a visualização de uma página com todas as abas (em formato de identificador de ficheiro) necessárias para configurar uma simulação computacional, Figura 4.3.

¹ Estas interfaces são citadas como interfaces WIMP (windows, icons, menus and point device) ou seja, janelas, ícones, menus e dispositivos de indicação.



Figura 4.3. Área do solver restrita ao usuário, com abas dos respectivos itens a serem configurados.

Como visto na figura acima, a aba para configuração do caso a ser simulado tem destaque em cor diferente das demais, e estando ela selecionada destacada na cor verde, os conteúdos dispostos nas abas seguintes não podem ser visualizados. Além disto, a organização dos *links* está elaborada de forma a manter uma ordem funcional na configuração da simulação dos casos.

Com a finalidade de firmar a forma de interação do usuário com o solver, elementos característicos são utilizados em ambas as telas, para tornar sistêmico o uso da interface. Dentre estes elementos temos o uso de um botão de validação das informações preenchidas nos formulários de cada página, e também, um botão de interrogação, simbolizando a metáfora conhecida nas interfaces como ajuda ou *help*.

4.1.2 Modelos de Projeto de Interfaces

O modelo de usuário descreve o perfil dos usuários finais do sistema. Para construir uma interface efetiva com o usuário, o projeto deve-se iniciar com o entendimento do usuário a que se destina, podendo este ser qualificado como:

- **Principiante:** sem conhecimento sintático do sistema ou pouco conhecimento semântico da aplicação ou uso do computador em geral. Neste perfil podemos encaixar os alunos de graduação que estão adquirindo conhecimentos sobre Dinâmica dos Fluidos Computacional. Portanto os mesmos terão dificuldade em interagir com a ferramenta, dado o fato que muitas das nomenclaturas utilizadas pelo software depender de conhecimento prévio em tal área.
- **Usuários instruídos e intermitentes:** possuem razoável conhecimento semântico da aplicação, mas relativamente pouca lembrança de informações sintáticas para usar a interface. A este perfil podemos classificar os usuários com conhecimento em dinâmica dos fluidos computacional, porém, que não sabem como aplicá-la usando a ferramenta em questão.
- **Usuário instruído e freqüente:** possuem bom conhecimento semântico e sintático, ou seja, o usuário que tem o conhecimento sobre dinâmica dos fluidos computacional e sabe como aplicá-la.

Esses modelos descritos acima são abstrações de como o sistema pode ser visualizado pelo usuário, e a partir destes modelos produziu-se uma interface que satisfaça o elemento principal em um projeto de interfaces: conhecer o usuário e suas tarefas.

4.1.3. Análise e Modelagem da Tarefa

A análise de tarefas pode ser aplicada de duas maneiras. Para entender as tarefas que devem ser executadas para que possa atingir a meta da atividade, um engenheiro de software deve entender as tarefas que os usuários realizam correntemente quando usam uma abordagem manual e depois elaborar um conjunto semelhante de tarefas implementadas no contexto da HCI.

Outro modo é estudar uma especificação existente de uma solução baseada em computador e derivar um conjunto de tarefas do usuário que acomodem o modelo usuário, o modelo do projeto e a percepção do sistema.

Levando em conta estas duas abordagens para análise e modelagem de tarefa da

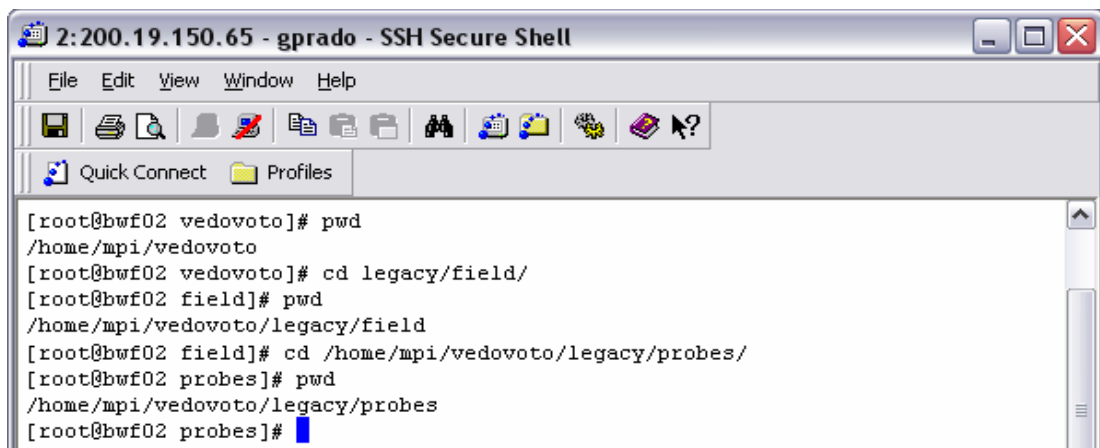
interface para o solver do LTCM, a fim de facilitar a modelagem, segue-se a segunda abordagem, visto que o laboratório já possui uma ferramenta, que não atende aos moldes de HCI.

Partindo deste princípio, foi classificada a principal tarefa envolvida durante a elaboração de um caso com a ferramenta do LTCM, para simulação.

4.1.4. Configuração do Projeto

Nesta seção, o usuário deverá ter informações sobre as configurações do cluster para que se possa indicar o local no qual o programa será executado (caminho principal), tanto esse “*path*” como os demais caminhos citados deverão ser exatos, tais como existentes na máquina de destino no cluster, figura 4.4. Especificar como o caminho de execução do programa, devendo indicar também o caminho onde o programa gravará os campos e as sondas. Para a parte inicial da configuração de uma simulação, ainda deve-se informar qual o nome do arquivo que indica a malha euleriana, o nome do arquivo com condições iniciais e de contorno, o nome do arquivo com o posicionamento das sondas pontuais e planares, sendo que estes são gerados através dos formulários na interface, o nome do arquivo STL que contém as características da geometria sobre qual se simulará o escoamento ou, os arquivos que representam a geometria através de nós e conectividades, sendo estes inseridos via upload ou ssh, e por último, o nome do arquivo que será usado para especificar o particionamento dos domínios e a quantidade de processadores usados para tal, também configurados através do formulário na interface.

Nota-se que estes nomes de arquivos a serem indicados no formulário inicial, como mostrado na figura 4.5, são respectivos aos formulários das abas seguintes que serão preenchidos posteriormente. Nota-se também que na interface, caso seja especificado o nome do arquivo STL, deve-se anular o campo dos nomes de arquivos de nós e de conectividades, pois na simulação usa-se apenas uma das duas formas.



```

[2:200.19.150.65 - gprado - SSH Secure Shell]
File Edit View Window Help
Quick Connect Profiles

[root@bwf02 vedovoto]# pwd
/home/mpi/vedovoto
[root@bwf02 vedovoto]# cd legacy/field/
[root@bwf02 field]# pwd
/home/mpi/vedovoto/legacy/field
[root@bwf02 field]# cd /home/mpi/vedovoto/legacy/probes/
[root@bwf02 probes]# pwd
/home/mpi/vedovoto/legacy/probes
[root@bwf02 probes]#

```

Figura 4.4. Caminho específico dos diretórios com os locais para gravar informações no cluster.

Neste momento, o solver ainda se encontrará em estado de espera, pois nenhuma informação ainda foi inserida no código. A meta é que o caso a ser executado altere o estado do sistema assim que todas as etapas estejam configuradas, podendo assim ser executado sem nenhuma interrupção.

Continuando a configuração da simulação, a próxima etapa é tão importante quanto as demais, lembrando que nenhuma delas pode ser pulada, uma vez que a interface foi elaborada da forma mais simplificada possível.

Na configuração do arquivo de condições de contorno e condições iniciais são setadas as seguintes informações:

- Variáveis com as velocidades iniciais em u , v e w ;
- Temperatura inicial é especificada em “ t_{in} ”;
- Passo de tempo é especificado em “ dte ”, sendo que nas primeiras iterações, usa-se um valor menor para intensificar a força lagrangiana quando fizer uso de Fronteira Imersa (Campregher, 2005);
- A variável “final” armazena o período de tempo a ser simulado;
- Na variável “div_max”, será armazenado o máximo divergente, utilizado para manter a conservação da massa;
- “Steplot” deve conter o valor do intervalo de tempo entre o qual serão salvos os campos;
- ρ_{cte} indica a densidade;
- μ_{cte} indica a viscosidade dinâmica;
- k_{cte} indica a condutividade;
- cp indica o calor específico;

- beta indica o coeficiente de expansão e grav indica aceleração da gravidade, sendo que estes valores serão especificados somente se a variável “termic”, que será citada posteriormente, estiver setada para a simulação;
- upwall indica caixa de seleção caso haja ou não parede em Y_{max} (último volume na direção Y);
- dowall indica caixa de seleção caso haja ou não parede em Y_{min} (primeiro volume na direção Y);
- topwall indica caixa de seleção caso haja ou não parede em Z_{max} (último volume na direção Z);
- bowall indica caixa de seleção caso haja ou não parede em Z_{min} (primeiro volume na direção Z);
- upisol indica caixa de seleção caso a parede seja adiabática ou não;
- t_up indica temperatura em $y=y_{total}$;
- doisol indica caixa de seleção caso a parede seja adiabática ou não;
- t_do indica temperatura em $y=1$;
- topisol indica caixa de seleção caso a parede seja adiabática ou não;
- t_top indica temperatura em $z=z_{total}$;
- boisol indica caixa de seleção caso a parede seja adiabática ou não;
- t_bo indica temperatura em $z=1$;
- les indica caixa para seleção do modelo de turbulência LES;
- lesvd indica o uso da função de amortização para LES, portanto, esta caixa de seleção é dependente da seleção de LES;
- “as” indica caixa para seleção do modelo de turbulência SA;
- Des indica caixa para seleção do modelo de turbulência DES;
- Cs indica constante de smagorinsky, este valor será setado para o caso, somente se tiverem sido selecionadas as variáveis LES e LESVD;
- CDes indica a constante em Des, portanto, este valor será setado somente se DES estiver selecionado;
- start_up indica que, caso haja interrupção na simulação, deve-se selecioná-lo e indicar o valor de iterações para que seja reiniciada a simulação após aquele valor;
- termic indica seleção caso se use a equação de energia ou não, ou seja, caso seja isotérmico ou não;
- period indica caixa para seleção caso seja periódico em y ou não;
- lag indica seleção caso use fronteira imersa ou não;

- arquivo stl indica caixa de seleção caso se use arquivos stl para fonteira imersa;
- arquivo nos indica caixa de seleção caso use arquivos provenientes do Ansys para fonteira imersa;
- alpha do Sip indica o fator de relaxamento do SIP.

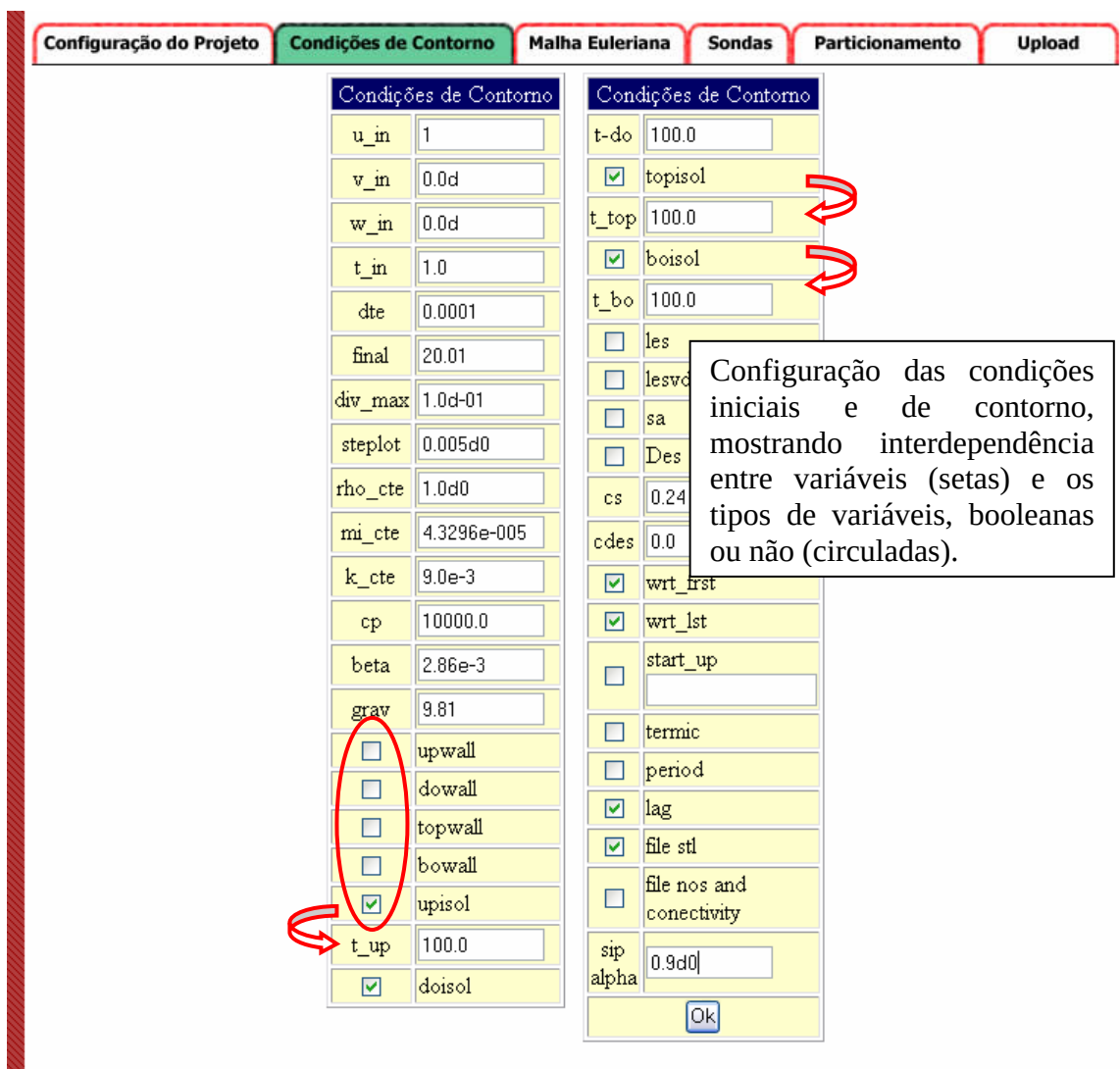
No preenchimento deste formulário deve-se estar atento à interdependência entre algumas variáveis, pois como especificado na explicação de cada uma, a configuração da sequência de informações interfere na configuração geral do caso. Abaixo apresenta-se a página de configuração das condições de contorno, visualizada na figura 4.6.

Configuração do Projeto	
Main path	/home/mpi/vedovoto/legacy/
Field path	/home/mpi/vedovoto/legacy/field/
Probes path	/home/mpi/vedovoto/legacy/probes/
File Name	
Curr_grid	legacy.msh
Curr_bound	legacy.bnd
Curr_prb	legacy.prb
Curr_stl	legaci600ref300.stl
Curr_node	nulo
Curr_ele	nulo
Curr_procs	legacy.procs
Ok	

Configuração inicial de uma simulação destacando-se filtro para selecionar ou STL ou nós e conectividade.

Figura 4.5. Primeira página na configuração de simulação de um escoamento: gera arquivo com as configurações principais do projeto.

Alguns detalhes são característicos de todos os formulários, como por exemplo, ao se passar o mouse sobre um determinado campo com o nome da informação a ser preenchida, uma caixa de texto explicativa aparecerá. Outra característica válida para cada formulário é que, ao se enviar os dados do formulário preenchido, os mesmos são visualizados numa tela semelhante, porém com a opção para marcar algum campo que se deseje corrigir, e no final do formulário a opção para corrigir caso haja informações erradas, ou a opção para gerar o arquivo desejado, que resultará em uma mensagem de êxito.



Configuração das condições iniciais e de contorno, mostrando interdependência entre variáveis (setas) e os tipos de variáveis, booleanas ou não (circuladas).

Figura 4.6. Segunda página na configuração de simulação de um escoamento: gera arquivo com as condições de iniciais e de contorno.

Assumiu-se que “zona” caracteriza uma região da malha do domínio que possui características de tamanhos distintos para cada região determinada. Para o arquivo de malha euleriana dever-se-á especificar as seguintes características:

- Tamanho da Malha euleriana nas posições x, y e z;
- Numero de Zonas em x, y e z, sendo que para cada zona, deverá se especificar as seguintes características:
 - Fim da zona;
 - Número de malhas;
 - Taxa de expansão ou relaxamento;
 - Sinal para indicar contração “+”, ou expansão “-”.

Visualizando o formulário para preenchimento das características da malha

euleriana, figura 4.8, vê-se que não existe um campo a ser preenchido para determinar o número de zonas existentes em x, y e z. O valor do número de zonas para cada variável especificada será determinado pelo número de vezes que o usuário enviar as informações configuradas naquela zona. Portanto, se o usuário preencher e enviar as informações das zonas quatro vezes em x, este será o número de zonas existente para x, e da mesma forma para as outras.

Uma consideração importante a ser feita é que o usuário preencha os formulários na ordem em que eles estão dispostos, e que cada formulário seja enviado da mesma forma. Assim, no caso do formulário da malha euleriana, primeiramente envia-se as informações com o tamanho da malha, depois quantas zonas em x forem necessárias, assim como em y e z.

Condições de Contorno **Malha Euleriana** Sondas Particionamento Upload

Tamanho da Malha Euleriana

y: 1.08 z: 0.60

Enviar

Zona x:

Fim da zona:	Numero de Zonas:	Taxa de Expansao Relaxamento:	Sinal da T
0.4800	30	8.0	+

Enviar

Zona y:

Fim da zona:	Numero de Zonas:	Taxa de Expansao Relaxamento:	Sinal da T
0.4050	30	9.0	+

Enviar

Zona z:

Fim da zona:	Numero de Zonas:	Taxa de Expansao Relaxamento:	Sinal da T
0.1800	17	15.0	+

Enviar

Configuração do tamanho da malha euleriana deve ser enviado uma única vez para cada caso.

Configuração das zonas x, y e z, com botões em formulários distintos para cada zona. Cada vez que se envia as informações, incrementa-se o número de zonas.

Figura 4.7. Terceira página na configuração de simulação de um escoamento: gera arquivo com as características da malha euleriana.

A próxima etapa na simulação é a configuração do arquivo de sondas, onde se indica a configuração das sondas pontuais e planares, na figura 4.8, que caso existam, seguirão as seguintes características:

- Número de sondas pontuais, sendo que cada sonda tem as seguintes especificações:

- Início da sonda em i, j, k;
- Posição da sonda em x, y, z;
- Caixa de seleção da variável podendo ser: u, v, w, p, T, ρ ;
- Frequência.

- Número de sondas planares sendo que cada sonda contém as seguintes especificações:

- plano onde está a sonda, sendo que quando gerado o arquivo, as variáveis assumirão os seguintes valores: $x = 1$, $y = 2$ e $z = 3$;
- posição na direção escolhida;
- passo de tempo para salvar as informações deste plano.

O preenchimento deste formulário segue a mesma metodologia de envio das informações do formulário que foi especificada na página da malha euleriana. Sendo assim, quantas vezes forem enviadas as informações das sondas pontuais, este será o número de sondas existentes, e da mesma forma para as sondas planares.

Para as sondas planares, deve-se seguir a seqüência de preenchimento para cada plano, ou seja, primeiro deve-se enviar quantas sondas desejadas perpendicular ao plano x, depois para y e da mesma forma para z.

Configuração das sondas pontuais e planares com botões em formulários distintos para cada sonda. Cada vez que se envia as informações incrementa-se o número das respectivas sondas.

Sondas Pontuais						
Início da Sonda			Posição da sonda			Variável
i: 1	j: 1	k: 1	x: 0.3	y: 0.2	z: 0.3	u
[Enviar]						

Sondas Planares		
Plano	Posição	Passo do Tempo
x	0.93	0.1
[Enviar]		

Figura 4.8. Quarta página na configuração de simulação de um escoamento: gera arquivo com as características das sondas (Pontuais e Planares).

Na etapa que segue, configura-se o arquivo de particionamento dos domínios, escolhendo a quantidade de processadores usados no cluster para simular o caso, figura 4.9. O arquivo conterá:

- Número de processadores usados, que é incrementado à medida que se envia as informações de particionamento para o processador, sendo que para cada processador

dever-se-á especificar a seguinte informação:

- Início do domínio em x, y e z;
- Fim do domínio em x, y e z;
- Número de volumes em x, y e z;

- Valores para transladar a fronteira imersa para a posição nos domínios x, y e z.

A última consideração a ser feita referente ao particionamento, é que o posicionamento da geometria em relação à fronteira imersa deve ser enviado somente uma vez.

Configuração do particionamento e da posição do elemento em relação a fronteira imersa, com botões distintos pra cada formulário. Cada vez que se envia as informações incrementa-se o número de processadores usados.

Figura 4.9. Quinta página na configuração de simulação de um escoamento: gera arquivo com as características do particionamento entre os processadores.

Para finalizar a configuração para posteriormente poder executar a simulação em CFD, alguns arquivos deverão ser enviados (*uploaded*) para o servidor, para tanto, o usuário deverá possuí-los a fim de agilizar a configuração do caso. Entre os arquivos, deverão ser: ou o arquivo que compõe a malha lagrangiana representando a geometria, ou os arquivos com as características da geometria porém sendo eles, os arquivos de nós e os de conectividades, conforme ilustrado na figura 4.10.

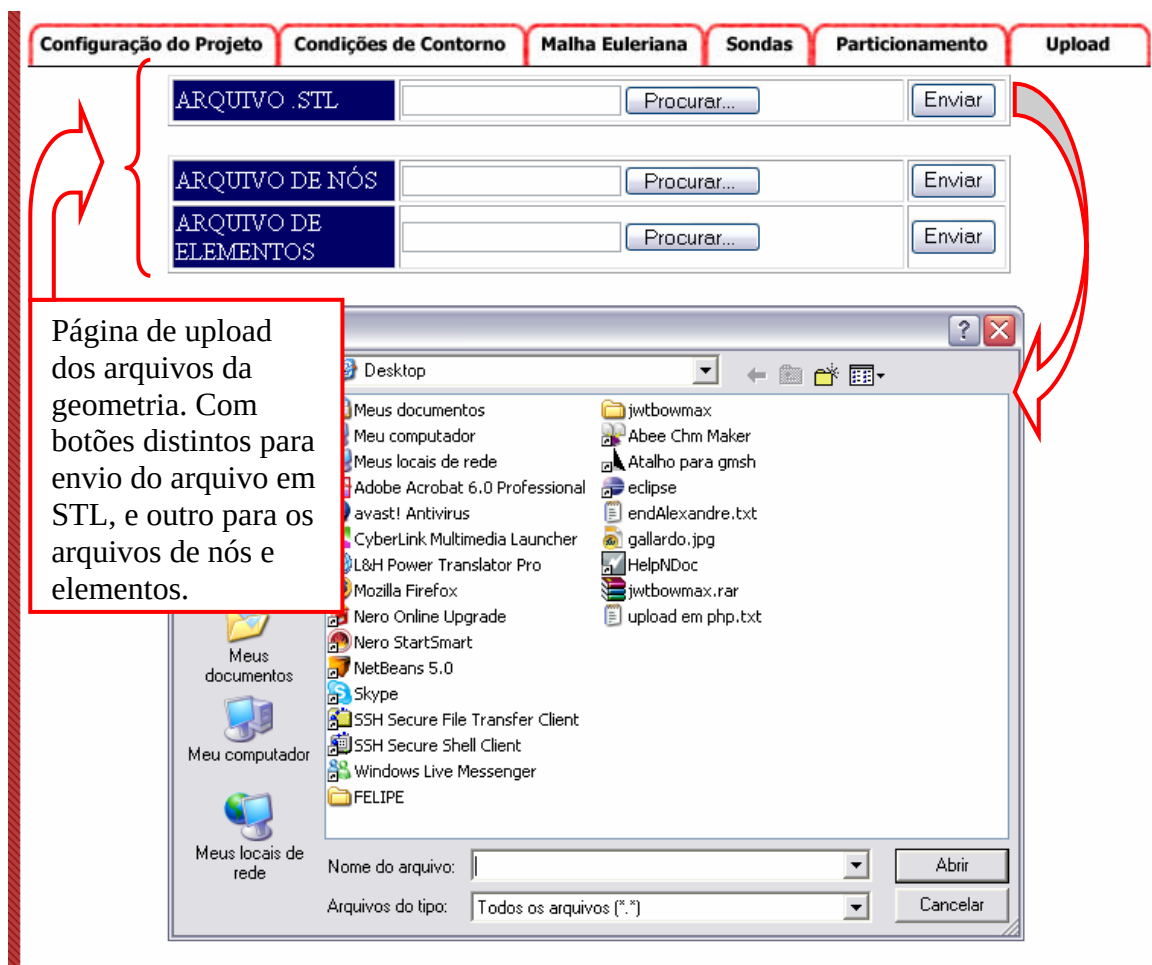


Figura 4.10. Última página na configuração de simulação de um escoamento: envia arquivos de malhas para o servidor.

Em relação a página de *upload* de arquivos, deve-se fazer a mesma consideração assumida na página de condições de configuração do projeto, ou seja, caso se o utilize o arquivo no formato STL, os arquivos de nós e elementos não deverão ser enviados.

4.2. Validando as malhas geradas pelo GMSH

Para analisar a topologia de escoamentos sobre geometrias simples, serão utilizados alguns parâmetros, efetuando comparações dos resultados ao utilizar o GMSH para gerar malhas, comparadas com malhas utilizando pacotes comerciais para a mesma geometria.

Analisando as características dos elementos triangulares da malha, tomando por base uma esfera gerada por um software comercial, figura 4.11, observa-se que esta esfera é descrita por triângulos, em sua maioria eqüiláteros, de forma a fornecer uma malha o mais homogênea possível.

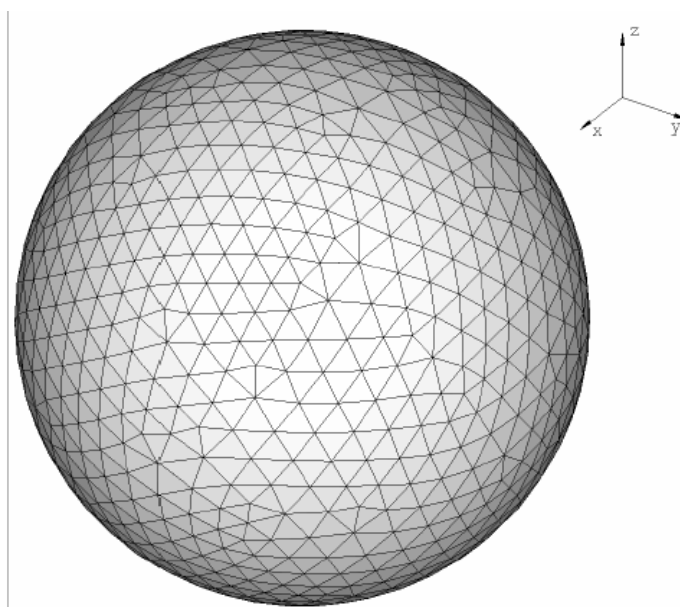


Figura 4.11. Malha de esfera gerada por software comercial; raio = 0,02m.

Nos resultados aqui apresentados, verificar-se-á que, mesmo sendo a malha gerada pelo GMSH, figura 4.12, tem-se que a malha superficial é composta por elementos triangulares que possuem diferença de tamanho nos seus elementos, essas diferenças não afetam significativamente os resultados alcançados com a simulação do escoamento, visualizados mais adiante.

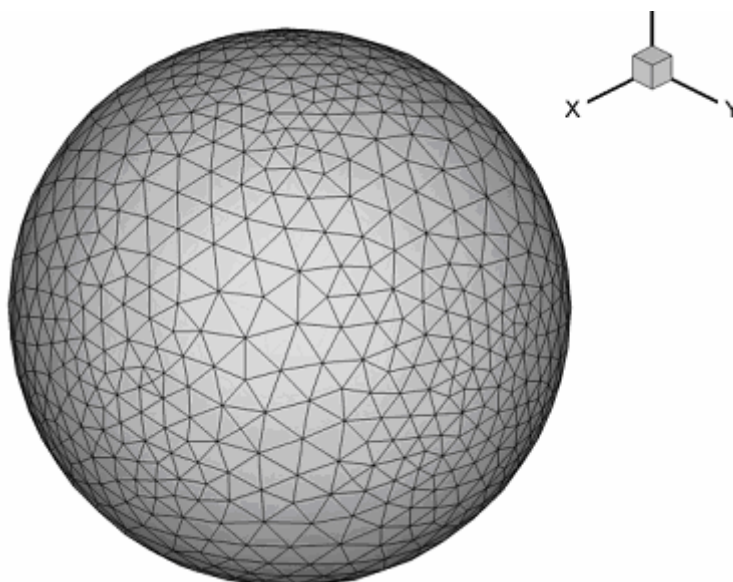


Figura 4.12. Malha de esfera gerada no GMSH; raio = 0,02m.

A Justificativa para esse tipo de deformidade encontrada na malha gerada pelo GMSH é devido à geometria ser estruturada por composição de faces, como mostrado no capítulo anterior. Além desse fato, tem-se que o arquivo STL é gerado sobre a composição da malha. Portanto o refinamento da malha adotado na geração da geometria, como

mostrado na figura 4.13 abaixo, também influencia na não uniformidade da malha. Um exemplo bem visível é mostrado nas figuras 4.13 “c” e “d”, onde são visualizados o encontro de quadrantes da esfera, sendo estes locais onde há maior deformação da malha, justificando a formação de superfícies com variação do elemento triangular da malha.

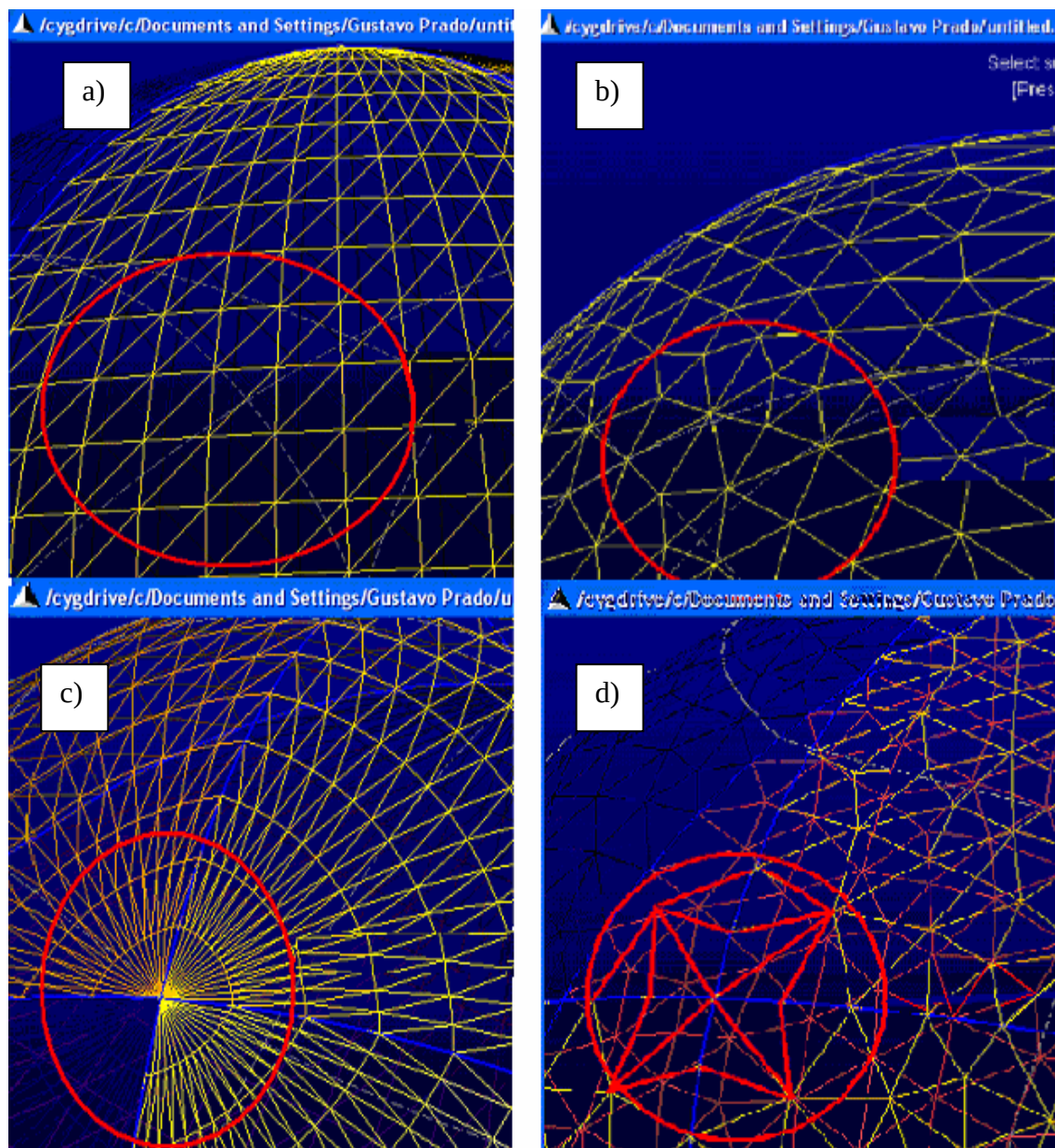


Figura 4.13. Não uniformidades causadas por composição de superfícies: a) centro da malha com refinamento; b). centro da malha sem refinamento; c) extremidades da malha com refinamento; d) extremidades da malha sem refinamento.

Após ter sido avaliado a qualidade das malhas geradas, deve-se averiguar a atuação da simulação computacional sobre as mesmas, verificando como se formam as estruturas