

# AMBIENTE DE ANÁLISE DE RISERS EM ÁGUAS ULTRAPROFUNDAS: ANÁLISE ESTÁTICA, PRÉ E PÓS-PROCESSADOR

**Alfredo Gay Neto**

[alfredo.neto@gmail.com](mailto:alfredo.neto@gmail.com)

**Rodrigo Provasi Correia**

[rodrigo.provasi@gmail.com](mailto:rodrigo.provasi@gmail.com)

**Orientador**

**Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

[cmartins@usp.br](mailto:cmartins@usp.br)

***Resumo.** O projeto consiste em desenvolver um ambiente computacional para análise mecânica de risers utilizados na produção de petróleo em águas ultraprofundas, utilizando o método dos elementos finitos. Dentro deste contexto, visam-se mais especificamente, o algoritmo para cálculo de configuração estática, a implementação dos elementos finitos treliça, cabo e pórtico, além das restrições do tipo engaste, articulação e solo. Objetiva-se, fundamentalmente, a obtenção de um código de fácil expansibilidade e portabilidade, o que será conseguido utilizando-se de características como polimorfismo e classes abstratas e também adotando o padrão ANSI para programação, tornando o software multiplataforma. Na primeira etapa foram formulados os elementos de treliça e cabo e as restrições do tipo engaste e articulação, sendo, na etapa final, implementados os elementos tipo pórtico e a restrição solo. O projeto ainda conta com o desenvolvimento de pré e pós-processadores a serem utilizados para facilitar a entrada de dados e visualização de resultados.*

***Palavras chave:** Método dos Elementos Finitos, Risers, Análise Estática*

## 1. Introdução

Risers são elementos tubulares que se destinam ao transporte do petróleo produzido em um poço submerso até a unidade de produção flutuante ou, no sentido contrário, do óleo ou do gás já separados da unidade até tubulações submarinas. Até profundidades da ordem de 2000 m, os risers são instalados sob a forma de uma catenária simples (“free-hanging”). Para maiores profundidades são procuradas configurações alternativas, como pode ser visto em Patel et al. (1995), visando minimizar o nível de tração e a fadiga causada pelo movimento induzido pela unidade flutuante ao riser.

Assim, aparecem as configurações com flutuação intermediária, como a “lazy-wave”, ou configurações mistas como, por exemplo, o RHAS (riser híbrido auto-sustentável), em que um riser vertical é preso a uma bóia submersa que o traciona e existe um “jumper” flexível que liga o riser vertical à unidade flutuante. Com a demanda crescente de petróleo e com a descoberta de novos campos petrolíferos em águas cada vez mais profundas, surge a necessidade de estudar o comportamento mecânico dessas novas configurações.

Na Escola Politécnica existe uma linha de pesquisa que se dedica há vários anos à análise do comportamento mecânico de risers e outros tipos de cabos submersos com linhas de ancoragem e cabos umbilicais e que já gerou uma série de resultados e trabalhos publicados.

Iniciou-se, agora, uma nova etapa, em que não se busca mais o desenvolvimento de um programa dedicado a uma finalidade específica, como o projeto de risers para uma gama de configurações particulares, mas o desenvolvimento de um ambiente computacional completo para análise de risers, que seja capaz de tratar as configurações atuais e, ao mesmo tempo, esteja preparado para incluir e testar novas propostas de arranjo físico desses elementos, além de novos materiais.

O produto final é independente da plataforma computacional. Foi testada sua execução em ambientes Windows e Linux e em ambos ocorreu funcionamento adequado. No tocante ao desenvolvimento do pré e pós-processadores, procuraram-se utilizar ferramentas gráficas para permitir, de forma intuitiva, a montagem dos modelos e facilitar a análise de resultados.

## 2. Fundamentos Teóricos – Núcleo de Análise do programa

O comportamento de um riser, do ponto de vista estático, é muito semelhante ao de um cabo perfeitamente flexível e o efeito da rigidez flexional não é importante, a menos de regiões em tornos dos pontos em que há descontinuidade de curvatura no modelo de cabo, como a região do ponto de contato unilateral entre o cabo e o solo (“touchdown point” - TDP), a conexão do riser à unidade flutuante de produção e os pontos em que há mudança do peso submerso, como na transição entre trechos sem e com flutuação. Este fato, se por um lado permite a adoção de solução analíticas do tipo “boundary-layer”, por outro lado dificulta a solução do problema via métodos numéricos, pois o sistema de equações diferenciais resultantes é muito “rígido”.

Para determinar a linha elástica de um riser, é necessário utilizar um modelo não-linear do ponto de vista geométrico, já que os deslocamentos são muito grandes. Além disso, deve-se prever a possibilidade de materiais com comportamento não-linear como o poliuretano, por exemplo, que é utilizado nos enrijecedores (“bending stiffener”) utilizados para a transição de curvatura no topo do riser. Na região do TDP existe um problema de contato unilateral. O próprio solo em que se apóia o riser têm comportamento não-linear.

Para simular a estática de um riser, face às características apresentadas, não é possível utilizar um código de elementos finitos convencional, tornando necessário o uso de ferramentas específicas. Existem softwares comerciais, desenvolvidos para essa necessidade mas, como não são abertos, não é possível alterar o seu conteúdo, incluindo novas características.

Para estudar o comportamento de um riser, sob uma configuração genérica, deve se pensar em um modelo de elementos finitos, que leve em conta não-linearidades físicas e geométricas, que considere problemas de contato unilateral, que possa ser resolvido no domínio da frequência e do tempo.

### 2.1. Resolução do Problema Estático

Como pode ser visto de forma detalhada em Martins (Apostila de Cabos Inextensíveis), é possível determinar analiticamente a equação da linha elástica de um cabo. Essa possui aplicabilidade direta ao problema em questão aqui abordado: a configuração estática de um riser. Porém, para determinar a linha elástica de um riser, bem como calcular a magnitude da força de tração distribuída em seu comprimento, nem sempre a solução analítica pode ser utilizada.

Ao incluir no modelo a presença de correntes marítimas, por exemplo, dessa forma contabilizando-se forças de arrasto hidrodinâmico, nota-se a necessidade da utilização de um método numérico para a resolução do problema. O método dos elementos finitos (MEF) mostra-se adequado para a resolução desse tipo de problema, como visto em Bathe (1996) e em Przemieniecki (1985), e possui generalidade suficiente para futuras expansões (novos tipos de elementos). Por isso foi escolhido como ferramenta de análise.

Uma análise envolvendo o MEF envolve prioritariamente a escolha dos tipos de elementos que serão utilizados. Essa é sem dúvida alguma uma das partes mais críticas na resolução do problema, visto que é necessário o conhecimento profundo do fenômeno físico que ocorre na estrutura para realizar a escolha adequada do tipo de elemento. Dentro das diversas possibilidades, optou-se pelo desenvolvimento dos elementos tipo treliça, cabo e pórtico. Ainda incorporaram-se os esforços causados pela corrente marítima e um modelo de solo.

Enfatiza-se que, devido à existência de grandes deslocamentos no problema, ocorre considerável mudança de rigidez da estrutura para um dado carregamento aplicado. Dessa forma, é necessário recorrer a uma abordagem de MEF não-linear.

Para a resolução do sistema não-linear resultante, escolheu-se o método de Newton-Raphson aplicado a funções vetoriais  $n$ -dimensionais. Com o auxílio desse algoritmo, é possível obter-se o valor dos deslocamentos da estrutura em função das matrizes de rigidez tangentes. Todas as hipóteses e demonstrações podem ser encontradas na monografia, mas de forma resumida, o algoritmo é similar ao visto na Figura 1, já que o conceito aplicado ao problema unidimensional pode ser generalizado para o espaço  $n$ -dimensional, fazendo os devidos ajustes.

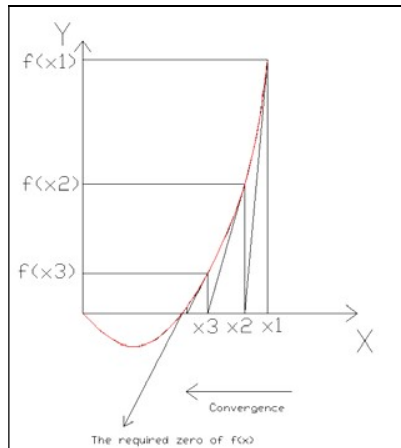


Figura 1 – Interpretação gráfica do Método de Newton-Raphson para uma função unidimensional

## 2.2. Formulação do elemento de pórtico

O elemento do tipo pórtico, como esquematizado na Figura 2 possui doze graus de liberdade, sendo seis deles de rotação e seis de translação. Devido à existência dos graus de liberdade de rotação, é garantida a continuidade angular entre esses elementos, isto é, o ângulo entre dois elementos consecutivos da malha inicial é mantido, mesmo que haja grandes deslocamentos da estrutura como um todo. As funções de forma garantem, também, a continuidade angular no interior de cada elemento.

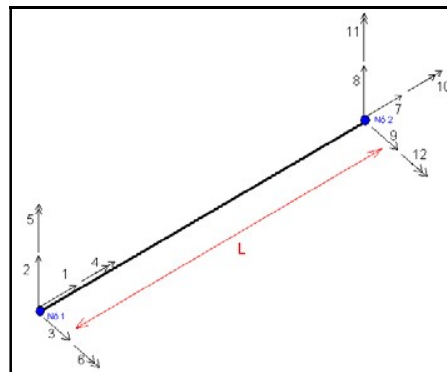


Figura 2 – Elemento do Tipo Pórtico com 12 graus de liberdade

O elemento desenvolvido possui algumas hipóteses simplificadoras em sua formulação, descritas abaixo:

- Não foi considerado o acoplamento entre flexão e torção.
- A flexão é independente e para cada plano de flexão, e não foi considerado acoplamento entre eles.
- Em caso de torção, não ocorre empenamento da seção transversal.
- Na flexão, as seções planas permanecem planas.
- As rotações no espaço são de pequeno valor, de modo que são consideradas comutativas, o que não ocorreria para o caso de grandes rotações no espaço.

Através de polinômios de terceiro grau para a interpolação nas flexões e, polinômios de primeiro grau para a interpolação na direção axial e torcional, foram obtidas as funções de forma para o elemento. A Tabela 1 mostra as condições de contorno e funções de forma obtidas para cada grau de liberdade. A variável  $t$  utilizada representa um parâmetro da curva formada pela linha elástica do pórtico no espaço.

**Tabela 1 – Funções de Forma para o elemento de Pórtico**

<b>Grau de liberdade 1</b>	<b>Grau de liberdade 2</b>	<b>Grau de liberdade 3</b>
$\varphi_1(0) = 1 \quad \varphi_1(L) = 0$	$\varphi_2(0) = 1 \quad \varphi_2(L) = 0$	$\varphi_3(0) = 1 \quad \varphi_3(L) = 0$
$\varphi_1(t) = 1 - \frac{t}{L}$	$\left. \frac{d\varphi_2}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_2}{dt} \right _L = 0$	$\left. \frac{d\varphi_3}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_3}{dt} \right _L = 0$
	$\varphi_2(t) = 2\left(\frac{t}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{t}{L}\right)^2 + 1$	$\varphi_3(t) = 2\left(\frac{t}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{t}{L}\right)^2 + 1$
<b>Grau de liberdade 4</b>	<b>Grau de liberdade 5</b>	<b>Grau de liberdade 6</b>
$\varphi_4(0) = 1 \quad \varphi_4(L) = 0$	$\varphi_5(0) = 0 \quad \varphi_5(L) = 0$	$\varphi_6(0) = 0 \quad \varphi_6(L) = 0$
$\varphi_4(t) = 1 - \frac{t}{L}$	$\left. \frac{d\varphi_5}{dt} \right _0 = -1 \quad \left. \frac{d\varphi_5}{dt} \right _L = 0$	$\left. \frac{d\varphi_6}{dt} \right _0 = 1 \quad \left. \frac{d\varphi_6}{dt} \right _L = 0$
	$\varphi_5(t) = -\frac{t^3}{L^2} + 2\frac{t^2}{L} - t$	$\varphi_6(t) = \frac{t^3}{L^2} - 2\frac{t^2}{L} + t$
<b>Grau de liberdade 7</b>	<b>Grau de liberdade 8</b>	<b>Grau de liberdade 9</b>
$\varphi_7(0) = 0 \quad \varphi_7(L) = 1$	$\varphi_8(0) = 0 \quad \varphi_8(L) = 1$	$\varphi_9(0) = 0 \quad \varphi_9(L) = 1$
$\varphi_7(t) = \frac{t}{L}$	$\left. \frac{d\varphi_8}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_8}{dt} \right _L = 0$	$\left. \frac{d\varphi_9}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_9}{dt} \right _L = 0$
	$\varphi_8(t) = -2\left(\frac{t}{L}\right)^3 + 3\left(\frac{t}{L}\right)^2$	$\varphi_9(t) = -2\left(\frac{t}{L}\right)^3 + 3\left(\frac{t}{L}\right)^2$
<b>Grau de liberdade 10</b>	<b>Grau de liberdade 11</b>	<b>Grau de liberdade 12</b>
$\varphi_{10}(0) = 0 \quad \varphi_{10}(L) = 1$	$\varphi_{11}(0) = 0 \quad \varphi_{11}(L) = 0$	$\varphi_{12}(0) = 0 \quad \varphi_{12}(L) = 0$
$\varphi_{10}(t) = \frac{t}{L}$	$\left. \frac{d\varphi_{11}}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_{11}}{dt} \right _L = 1$	$\left. \frac{d\varphi_{12}}{dt} \right _0 = 0 \quad \left. \frac{d\varphi_{12}}{dt} \right _L = -1$
	$\varphi_{11}(t) = -\frac{t^3}{L^2} + \frac{t^2}{L}$	$\varphi_{12}(t) = \frac{t^3}{L^2} - \frac{t^2}{L}$

- **Matriz de Rigidez do Pórtico**

Os coeficientes da matriz de rigidez derivam de um equacionamento de energia de deformação do pórtico. A expressão (1) descreve a energia de deformação a partir dos valores de deformação longitudinal, e distorções no plano de cada seção transversal de um pórtico.

$$U = \frac{E}{2} \int_V \varepsilon_{xx}^2 dV + \frac{G}{2} \int_V (\varepsilon_{xy}^2 + \varepsilon_{xz}^2) dV \quad (1)$$

É necessário escrever uma expressão para calcular as deformações  $\varepsilon_{xx}$ ,  $\varepsilon_{xy}$  e  $\varepsilon_{xz}$  a partir dos deslocamentos.

É possível demonstrar a equação (2) a partir de parâmetros geométricos. A mesma representa o valor da deformação em um ponto da estrutura, devido à superposição dos seguintes efeitos: flexão que ocorre no

plano cuja normal é  $y$  e no plano cuja normal é  $z$  (sistemas de coordenadas locais) e devido ao deslocamento axial das seções transversais quando sujeitas a esforços de tração ou compressão.

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x} - y \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \quad (2)$$

Onde:  $u$  é o deslocamento de um ponto da estrutura na direção  $x$ ;  
 $v$  é o deslocamento de um ponto da estrutura na direção  $y$ ;  
 $w$  é o deslocamento de um ponto da estrutura na direção  $z$ .

A partir da expressão da energia de deformação de um elemento de pórtico é possível, utilizando o primeiro teorema de Castigliano, obter os coeficientes de rigidez para cada grau de liberdade. Esses estão escritos a seguir na forma matricial, sendo  $\mathbf{K}_G$  a matriz de rigidez geométrica, e  $\mathbf{K}_C$  a matriz de rigidez constitutiva.

$$\mathbf{K}_C = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & 0 \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{K}_G = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{6T}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{T}{10} & 0 & -\frac{6T}{5L} & 0 & 0 & 0 & \frac{T}{10} \\
 0 & 0 & \frac{6T}{5L} & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6T}{5L} & 0 & -\frac{T}{10} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & \frac{2TL}{15} & 0 & 0 & 0 & \frac{T}{10} & 0 & -\frac{TL}{30} & 0 \\
 0 & \frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{2TL}{15} & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & -\frac{TL}{30} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -\frac{6T}{5L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & \frac{6T}{5L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{T}{10} \\
 0 & 0 & -\frac{6T}{5L} & 0 & \frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{6T}{5L} & 0 & \frac{T}{10} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & -\frac{TL}{30} & 0 & 0 & 0 & \frac{T}{10} & 0 & \frac{2TL}{15} & 0 \\
 0 & \frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & -\frac{TL}{30} & 0 & -\frac{T}{10} & 0 & 0 & 0 & \frac{2TL}{15}
 \end{bmatrix}$$

A matriz de rigidez resultante para o elemento de pórtico será a soma entre as matrizes de rigidez constitutiva ( $\mathbf{K}_G$ ) e geométrica ( $\mathbf{K}_C$ ).

### 3. Pré-processor

O pré-processor desenvolvido inclui desde a entrada de dados até mesmo a visualização das linhas elásticas dos cabos utilizando a biblioteca *OpenGL*. Para a confecção das janelas foi utilizada a linguagem C#.

O desenvolvimento consistiu, dentre diversas atividades, na construção de um algoritmo capaz de construir uma catenária de  $n$  trechos dados seus pontos de apoio e comprimentos de cada segmento. Esse algoritmo tem fundamental importância na estimativa inicial do cabo, facilitando o processo iterativo dentro do módulo de resolução do problema com MEF e, possibilitando ao usuário uma melhor visualização do problema. A Figura 3 ilustra duas dessas janelas funcionais para inclusão de cabos para simulação, bem como a visualização com a biblioteca *OpenGL*.

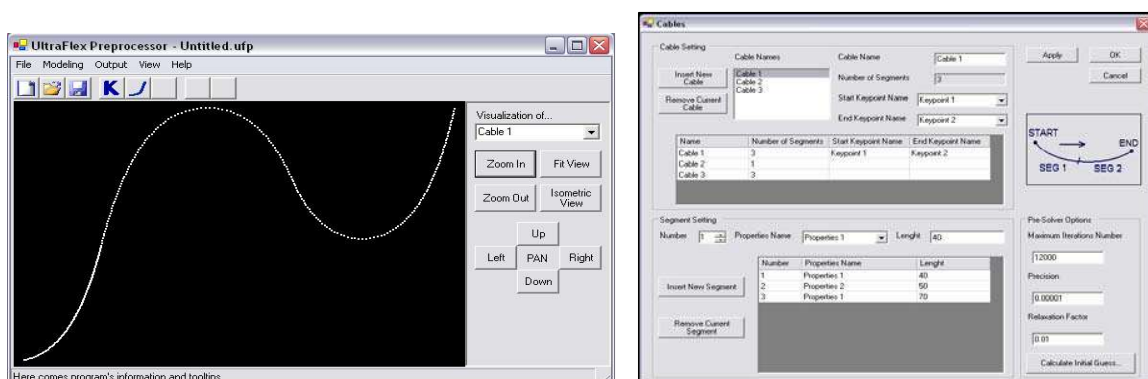


Figura 3 – Exemplos de telas para visualização e inserção de cabos do pré-processor

#### 4. Pós-processador

O pós-processador possui utilidade para análise de dados de saída da simulação, como por exemplo, a linha elástica após a aplicação de todos os carregamentos, gráficos de curvatura do cabo para todo seu comprimento, bem como esforços solicitantes envolvidos em cada seção transversal de interesse do usuário. A Figura 4 ilustra alguns gráficos de visualização de resultados de linha elástica obtida por simulação.

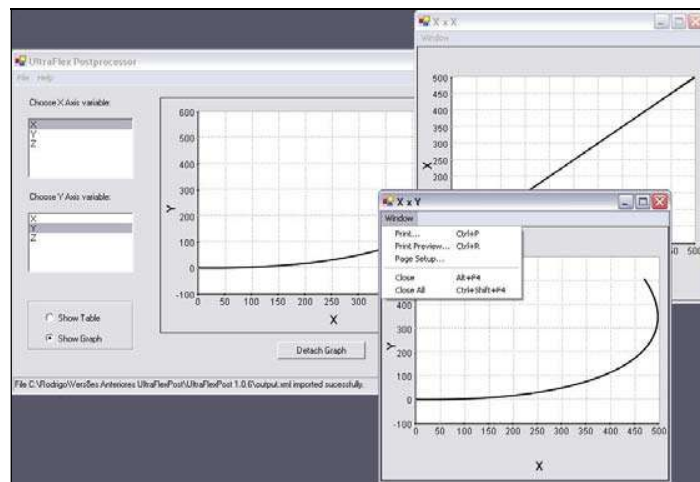


Figura 4 – Janela de gráficos de linha elástica simulada do pós-processador

#### 5. Resultados das Simulações

Para validação da implantação do Método dos Elementos Finitos (MEF), foram realizadas diversas simulações. Como exemplo, ilustra-se um caso estático de configuração de riser do tipo catenária. Soluções analítica e obtida por MEF (utilizando elementos de treliça) foram comparadas e seus resultados estão exibidos na Figura 5.

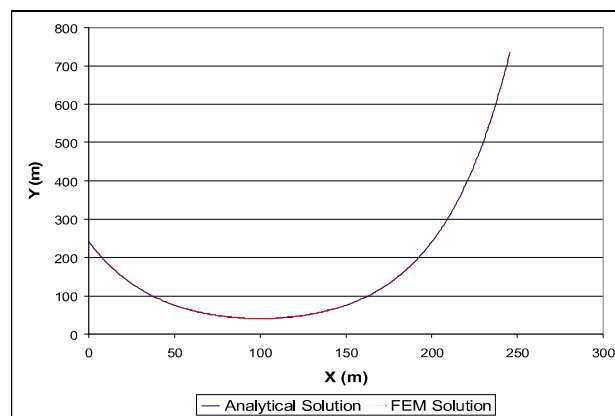
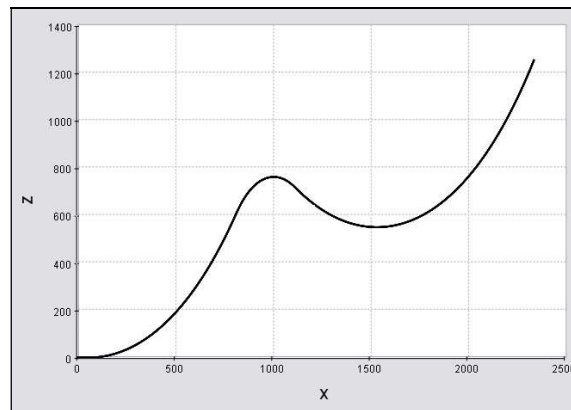


Figura 5 – Linha Elástica de uma catenária (soluções analítica e por MEF)

Nota-se que as Linhas elásticas praticamente se sobrepõe, o que torna válido o modelo implantado para esse caso.

Ainda pode-se citar o exemplo de uma simulação realizada com elementos de pórtico, de uma configuração Lazy-Wave com TDP. O resultado de sua linha elástica está ilustrado na Figura 6.



**Figura 6 – Linha elástica de configuração Lazy-Wave simulada com elementos de pórtico com touch-down point (eixos X e Z em metros)**

A Tabela 2 ilustra alguns resultados numéricos comparativos com outros programas comerciais relevantes à análise da Lazy Wave mostrada na Figura 6, que procuram validar os métodos e formulações executados.

**Tabela 2 – Resultados comparativos para a configuração Lazy-Wave com touch-down point**

	OrcaFlex®	PoliFlex	UltraFlex
Tração no topo (KN)	2199,3104	2199,0939	<b>2195,947</b>
Posição do TDP (m)	67	66,36	<b>68,38</b>
Tração no TDP (KN)	956,67	955,57	<b>955,38</b>

## 6. Agradecimentos

Agradecemos especialmente a Deus pela oportunidade de realizar esse trabalho, e também a todos que nos ajudaram no decorrer do projeto, desde colegas a professores, todos com colaborações de extrema valia. Especialmente somos gratos ao nosso professor orientador Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins pela experiência passada na solução de problemas, idéias de melhoria de algoritmos, bem como pela supervisão do trabalho e pelo grande incentivo.

Agradecemos, também ao Programa de Recursos Humanos 19 (PRH 19) da Agência Nacional do Petróleo (ANP) pelo suporte financeiro, com bolsa auxílio para ambos os autores, bem como pelo fornecimento de equipamentos de informática necessários para o desenvolvimento do projeto.

## 7. Referências

- PATEL, M.H.; SEYED, F.B.; *Review of Flexible Riser Modeling and Analysis technique Engineering Structures*, Great Britain, v. 17, No 4, p. 293-304, 1995
- MARTINS, C.A.; **Cabos Flexíveis Inextensíveis**. Apostila.
- Bathe, K., **Finite Elements Procedures**. Prentice Hall, 1996, New Jersey, USA.1037p.
- Flannery, B.P.; Press, W.H.; Telkolsky, S.A.; Vetterling, W.T.; **Numerical Recipes in C**. Cambridge University Press, 1992, New York, USA. 994p.
- PRZEMIENIECKI, J.S.; **Theory of Matrix Structural Analysis**. New York: Dover Publications Inc, 1985. 468 p.

## WORKBENCH FOR RISER ANALYSIS IN ULTRADEEPWATER: STATIC ANALYSIS, PRE AND POST-PROCESSOR

**Alfredo Gay Neto**

[alfredo.neto@gmail.com](mailto:alfredo.neto@gmail.com)

**Rodrigo Provasi Correia**

[rodrigo.provasi@gmail.com](mailto:rodrigo.provasi@gmail.com)

**Orientador**

**Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

[cmartins@usp.br](mailto:cmartins@usp.br)

**Abstract.** This project consists in develop a computational workbench to analyze risers' mechanics employed in ultra deepwater oil production. In this context, the objective is to create an algorithm to calculate the static configuration, implement truss, cable and beam finite elements and also fixed, joint and touchdown constraints. One achieved goal was to obtain an easily-expandible and portable code by using polymorphism and abstract classes and also using ANSI specification for programming, leading to platform-independent software. A second stage of the project included a pre and post-processor development. These modules are useful for data input and output, providing perspective visualization and graphic results.

**Keywords.** *Finite Element Method, Risers, Static Analysis*