

HyperFit - Programa para Cálculo de Constantes Constitutivas para Materiais Hiperelásticos



Eduardo Guilherme Mötke Wrubleski
Rogério José Marczak (orientador)
 Grupo de Mecânica Aplicada – DEMEC – EE

INTRODUÇÃO:

Este trabalho ilustra os desenvolvimentos relativos à elaboração de uma interface mais profissional e a implementação de novas funcionalidades ao HyperFit, programa para cálculo de constantes constitutivas para materiais hiperelásticos (elastômeros). Criação de programa de ajuda e manual para o mesmo. Com esses novos desenvolvimentos, o HyperFit se coloca como um programa único de sua classe, podendo ser empregado tanto como ferramenta de uso prático como plataforma para estudo e desenvolvimento de novos modelos constitutivos para borrachas.

METODOLOGIA:

Com o Matlab foi desenvolvida uma interface gráfica para que fosse possível a qualquer usuário fazer ajustes de curva e poder comparar os dados obtidos. O Matlab foi escolhido por sua versatilidade, pois conta com bibliotecas para ajuste de curvas e a possibilidade de trabalhar com uma plataforma gráfica.

O **Ajuste a um Ensaio** consiste em empregar a função *lsqcurvefit* do Matlab, que através de um chute inicial calcula as constantes para um único tipo de ensaio e aplica para os outros.

O **Ajuste de Compromisso** consiste em fazer uma média ponderada entre os valores obtidos no ensaio anterior e se mostrou efetivo para alguns modelos, dependendo dos pesos empregados e do tipo de material.

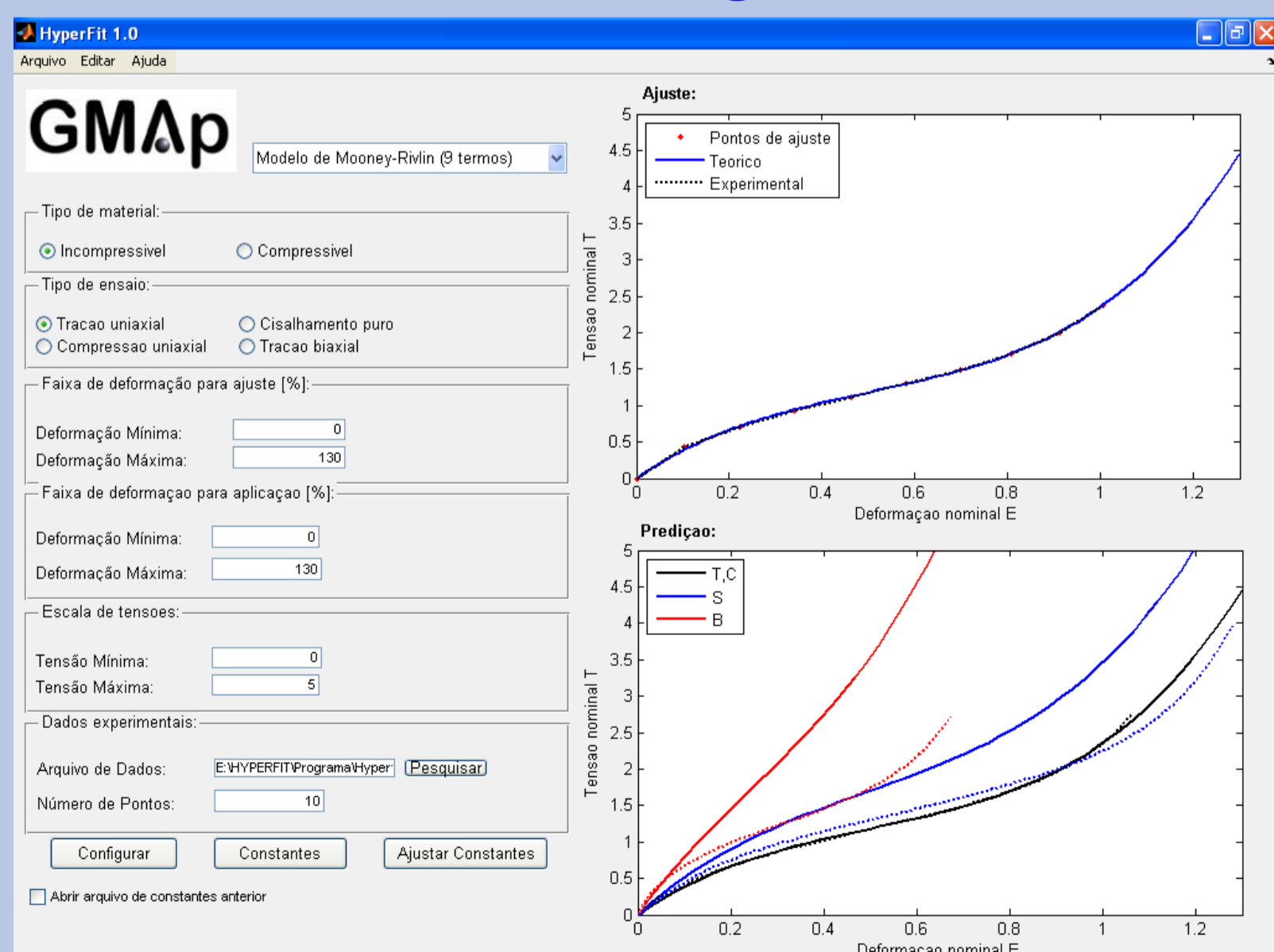
O **Ajuste Multi-Critério** que consiste em reduzir o erro para todos os ensaios realizados simultaneamente consiste na criação de uma nova função que soma os erros ao quadrado dos ensaios e a aplicação juntamente com um chute inicial da função *fminsearch* que procura o mínimo da função, no caso quando ela tende a zero.

A comparação de modelos é feita a partir da equação:

$$R^2 = \text{Min} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (t_e - t_t)^2}{\sum_{i=1}^n w_i (t_e - \bar{t}_e)^2} \right)$$

Sendo que essa comparação nos dá um valor quantitativo apenas como parâmetro comparativo. Esse estimador apresenta um comportamento melhor que o tradicional para ajustes não lineares.

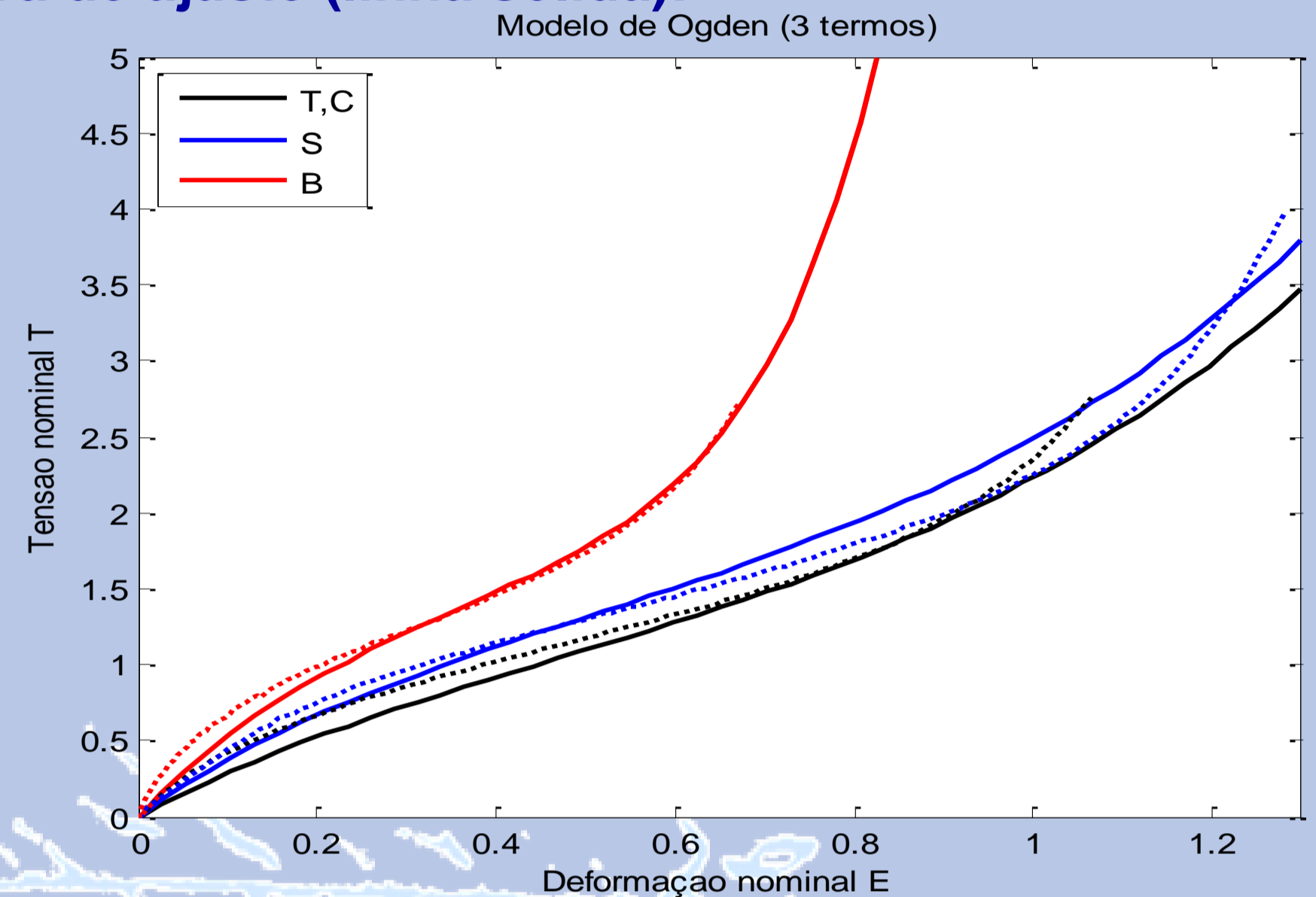
A interface é mostrada a seguinte:



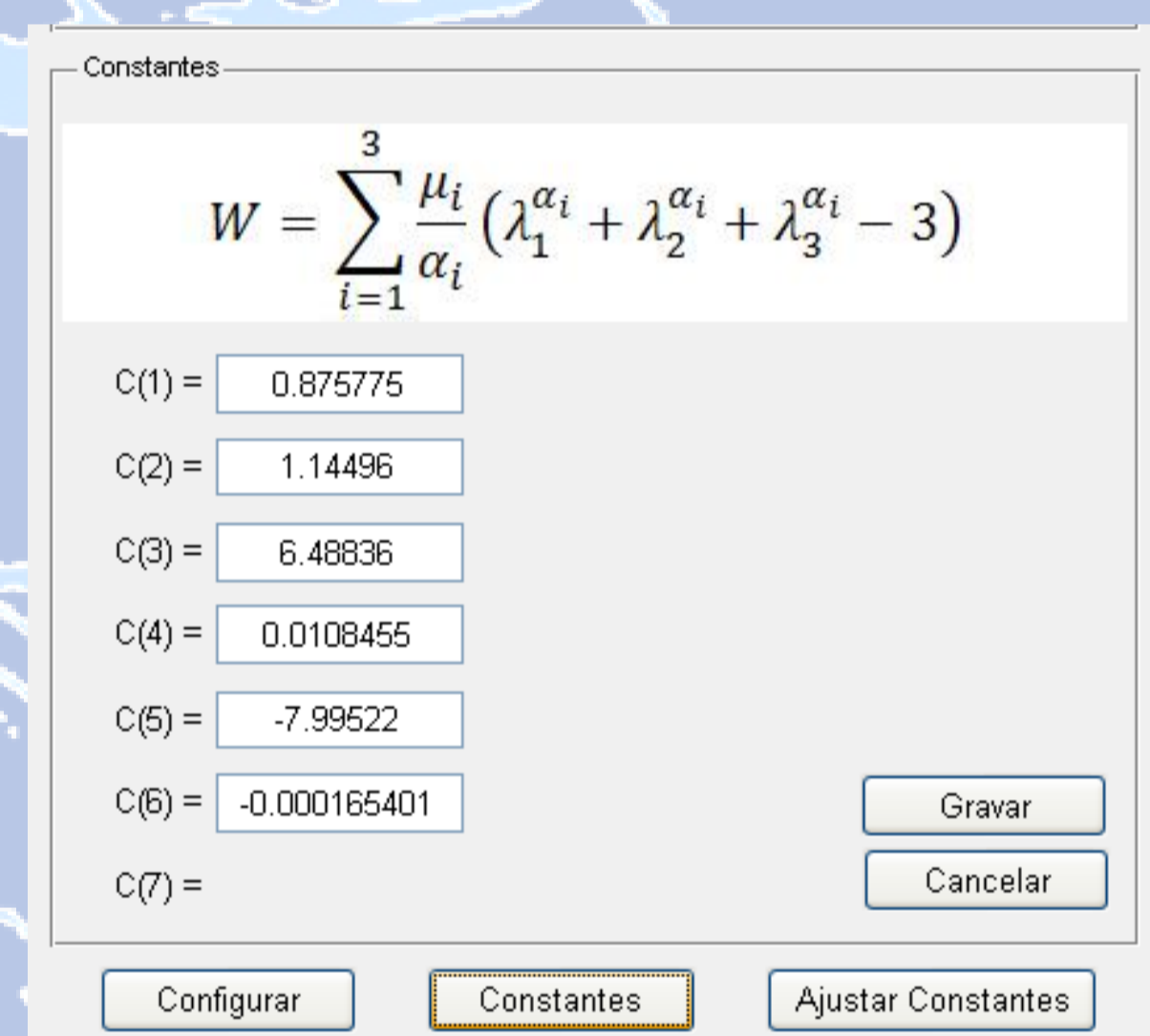
RESULTADOS:

Foi escolhido o modelo Ogden de três termos para mostrar os dados que o programa gera e como interpretá-los.

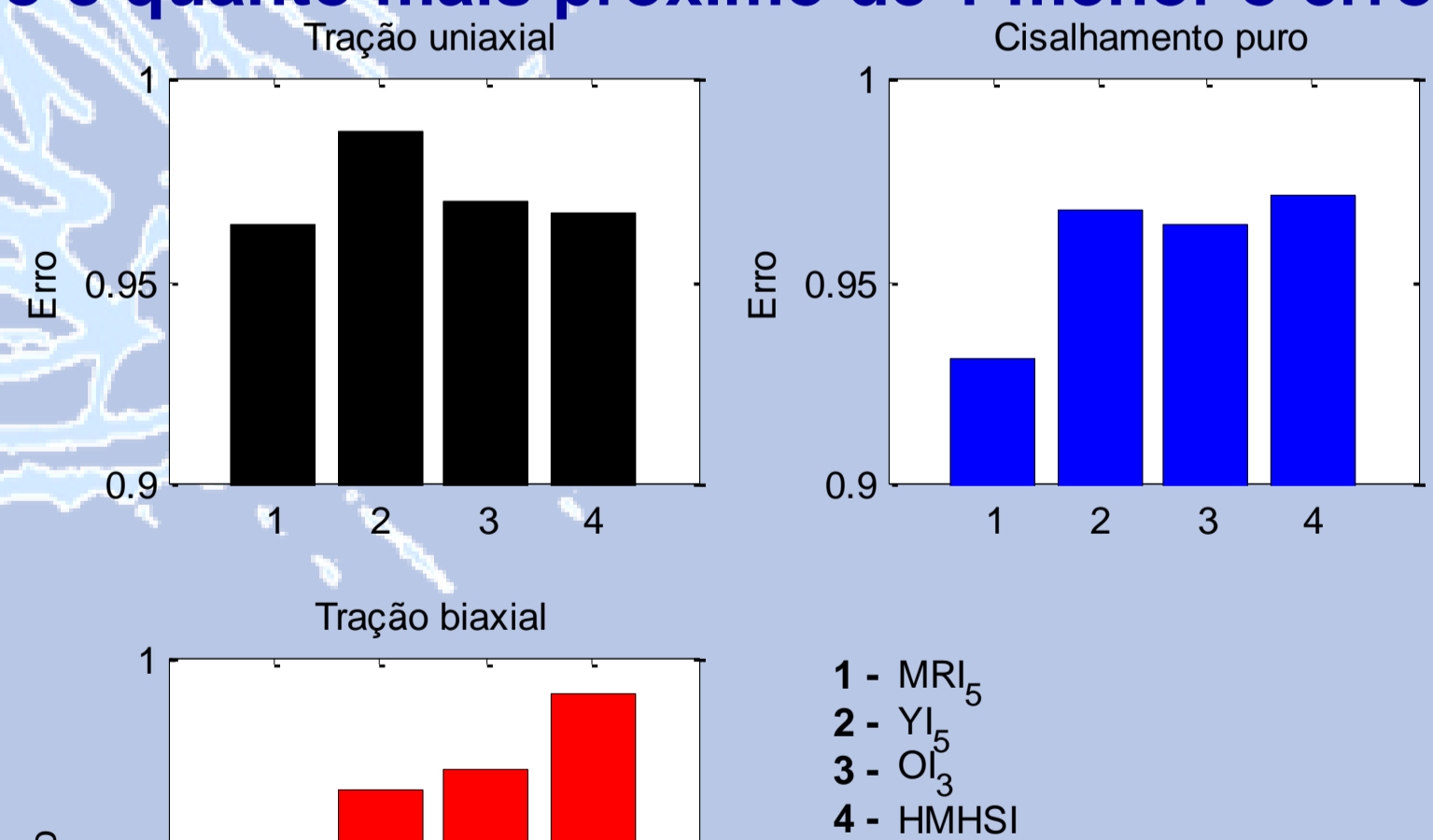
Gráfico dos pontos experimentais (linha pontilhada) e da curva de ajuste (linha sólida):



Constantes:



Comparação dos modelos, lembrando que o modelo é relativo e quanto mais próximo de 1 menor o erro:



CONCLUSÃO:

O desenvolvimento do HyperFit permitiu verificar que o método de estimação de constantes do material mais efetivo é o Ajuste Multi-Critério, por apresentar menores erros para carregamentos compostos. O Ajuste de Compromisso é relativamente eficaz se os ajustes para ensaios individuais forem bons. Com essas ferramentas, o HyperFit permite uma análise comparativa quantitativa para diversos modelos, em determinada faixa de operação. Tornando um programa com grande potencial para uso prático e científico, no uso e desenvolvimento de modelos elastoméricos.