

ESTUDO DE TÉCNICAS BASEADAS EM *BOUND CONTRACTION* PARA PROBLEMAS MINLP BILINEARES E APLICAÇÕES

Bruno Eduardo Boraczynski Vantini Mazzin (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Esdras Penêdo de Carvalho (Orientador), e-mail: brunoeduh09@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Exatas / Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Matemática, matemática aplicada.

Palavras-chave: otimização, *bound contraction*, bilinear.

Resumo

A otimização global aplicada tem sido fundamental em diversas áreas do conhecimento e os problemas oriundos têm recebido atenção significativa na literatura. O projeto teve o foco em estudar técnicas baseadas na contração dos limites das variáveis que contenham termos bilineares nas restrições dos problemas. Tais problemas podem ser representados por um problema de programação não-linear inteiro misto com termos bilineares. Uma das técnicas para abordar esse estilo de problema é a linearização por partes, transformando a bilinearidade por uma nova variável e adicionando novas restrições obtidas pela multiplicação das desigualdades associadas. Para desenvolver e estudar a técnica, foram estudados artigos científicos acerca do tema e realizadas implementações no software Matlab.

Introdução

A Otimização tem sido extremamente importante para solucionar problemas oriundos das mais diversas áreas do conhecimento. Com o desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos, as formas mais realistas de se descrever sistemas físicos e de engenharia normalmente dão origem a problemas não-lineares que, do ponto de vista matemático, geram situações de não convexidade e, por consequência, levam à obtenção de múltiplos ótimos locais. Nos últimos anos, pesquisas na área de Otimização têm explorado o tema da Otimização Global, pois mesmo com o conhecimento dos fenômenos e presença de técnicas de modelagem, ainda há ausência de algoritmos que sejam eficientes para a este tema. A técnica de *bound contraction* consiste em reduzir gradativamente o limite inferior e superior dos possíveis valores para as variáveis até reduzir a uma diferença mínima, sendo capaz de obter uma solução para um determinado problema.

Materiais e métodos

Para realização do projeto, foi aprofundado o conhecimento na linguagem C de programação, por meio de implementação de algoritmos. Participou-se de seminários presenciais com o grupo de pesquisa em Otimização do departamento de Engenharia Química da UEM, com o intuito de ampliar o conhecimento na área e de apresentar o estudo realizado do projeto.

Foram estudados artigos científicos, tais como (FARIA; BAGAJEWICZ, 2011) e (FARIA; BAGAJEWICZ, 2012) para analisar técnicas de *bound contraction* e observar o seu uso na abordagem de problemas. Além disso, teve-se aulas de conceitos e implementações de algoritmos ministradas pelo orientador do projeto. Para a implementação computacional, foi intensificado o conhecimento no software Matlab, com auxílio de videoaulas e novos códigos. Como método principal abordado, focou-se na técnica proposta por (FARIA; BAGAJEWICZ, 2011), realizando a implementação computacional e alterações no algoritmo na tentativa de aprimorar a técnica.

Resultados e Discussão

Um dos exemplos abordados é de minimizar uma equação que contém limites para os possíveis valores das variáveis com restrições de desigualdade, sendo uma delas com termo bilinear. (Figura 1). Utilizando a técnica desenvolvida por (FARIA; BAGAJEWICZ, 2011 com adaptações, foi possível resolver o problema proposto.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min } O = -4x - y \\ \text{s.t} \\ xy \leq 4 \\ y - 0.64x \geq 0 \\ x \in [0, 4] : y \in [0, 8] \end{array} \right\}$$

Figura 1 – Problema abordado. [1]

Este é um exemplo relativamente simples e seu valor mínimo pode ser observado graficamente, como mostrado na Figura 2. Com este exemplo, foi possível ilustrar a aplicação da técnica e dos resultados obtidos pelo algoritmo.

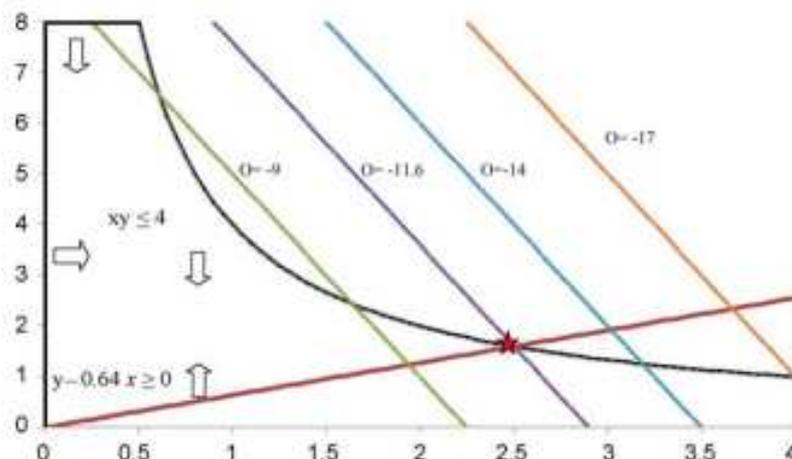


Figura 2 – Exemplo abordado na forma gráfica, onde é possível observar o seu valor mínimo na estrela vermelha (2.5,1.6).

Mesmo com diversos momentos em que há erros ou em que fica aberto a interpretação no decorrer da demonstração da técnica no artigo, foi possível obter a solução descrita no mesmo utilizando algumas adaptações. Utilizando-se o software Matlab e suas ferramentas, foi realizado o algoritmo de duas formas diferentes, sendo uma delas de forma idêntica ao proposto no artigo e outra onde a variável de referência é sempre dada pelo ponto médio do intervalo analisado. Em ambos os casos atingiu-se a solução (Figura 2) esperada. No primeiro caso a solução foi encontrada em 13 iterações, enquanto no segundo caso necessitou-se 17 iterações. Deste modo, verificou-se que o primeiro método teve um custo computacional menor. O algoritmo mostrou-se eficaz ao obter a solução com algumas especificidades. Ele está sendo aprimorado para obter um formato mais generalizado para ser utilizado em problemas reais, tais como otimização de redes de trocadores de calor e de reatores químicos.

Conclusões

Os objetivos do projeto foram alcançados, visto que foi possível compreender os conceitos e algumas técnicas de Otimização, linguagem computacional e implementações de algoritmos em softwares. Aprendeu-se a importância da Otimização nos dias atuais, economizando recursos naturais, aprimorando a logística, diminuindo tempo computacional e gastando menos recursos em diversos setores graças às técnicas desenvolvidas. Mesmo com alguns erros na explicação e resolução de problemas no artigo, foi possível solucionar o problema mostrado utilizando a técnica desenvolvida por Faria e Bagajewicz e entender como funciona a otimização e seus objetivos. Com o algoritmo desenvolvido, será realizado o aprimoramento da técnica tentando deixá-lo o mais general possível para que possa ser aplicado em problemas de Engenharia Química, como de redes de trocadores de calor e reatores químicos.

Agradecimentos

Agradecimento a Esdras Penêdo de Carvalho, pela confiança em designar esse projeto a mim e ter me orientado na realização e no aprendizado sobre Otimização.

Agradecimento a UEM por ter me concedido a bolsa e ter fornecido a oportunidade de poder realizar este projeto e me auxiliar na carreira acadêmica.

Referências

[1] Faria, D. C.; Bagajewicz, M. J. Novel bound contraction procedure for global optimization of bilinear MINLP problems with applications to water management problems. *Computers and Chemical Engineering* 35: 446-455, 2011.

[2] Faria, D. C.; Bagajewicz, M. J. A new approach for global optimization of a class of MINLP problems with applications to water management and pooling problems. *AIChE Journal* 58: 2320-2335, 2012.