

Introdução

A integração de plataformas computacionais para a solução de problemas de otimização estrutural utilizando o *software* comercial Abaqus® combinado com e a linguagem de programação Python é analisada aqui.

Um algoritmo genético foi implementado em Python enquanto que as avaliações necessárias para a busca são realizadas via Abaqus®.

Algoritmos Genéticos

- São técnicas de busca estocásticas;
- Não requerem continuidade ou diferenciabilidade da função objetivo;
- Não requerem ponto de partida factível;
- Não possuem domínio de aplicação restrito;
- Resolvem problemas com variáveis contínuas, discretas, inteiras e mistas;

As avaliações das soluções candidatas são necessárias a cada passo, como pode ser visto no Algoritmo 1

Algoritmo 1: Pseudocódigo AG

```
t = 1;
inicializa( Pop(t=1) );
avalia( Pop(t=1) );
repita
selPop(t) = seleção(Pop(t));
novaPop(t) = reprodução(selPop(t));
mutação(novaPop(t));
avalia(novaPop(t));
Pop(t+1) = novaGeração(novaPop(t),Pop(t));
t=t+1;
até t = NGEN;
```

Uma Técnica de Penalização Adaptativa

Uma classe de técnicas bastante empregadas para tratamento de restrições são as funções de penalização, em que os problemas com restrições são transformados em problemas irrestritos através da introdução de uma função de penalização.

Em (Barbosa and Lemonge, 2002), foi proposto um método de penalização adaptativa denominado APM (*Adaptive Penalty Method*). O APM adapta o valor dos coeficientes de penalização de cada restrição usando informações da população em cada geração. A função de aptidão é definida como

$$F(\vec{x}) = \begin{cases} f(\vec{x}), & \vec{x} \text{ factível} \\ \bar{f}(\vec{x}) + \sum_{j=1}^m k_j v_j(\vec{x}), & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\bar{f}(\vec{x}) = \begin{cases} f(\vec{x}), & f(\vec{x}) > \langle f(\vec{x}) \rangle \\ \langle f(\vec{x}) \rangle, & f(\vec{x}) \leq \langle f(\vec{x}) \rangle \end{cases}$$

onde $\langle f(\vec{x}) \rangle$ é a média dos valores da função objetivo da população atual e k_j é definido como

$$k_j = \left| \langle f(\vec{x}) \rangle \right| \frac{\langle v_j(\vec{x}) \rangle}{\sum_{i=1}^m [\langle v_i(\vec{x}) \rangle]^2}$$

onde $\langle v_j(\vec{x}) \rangle$ é a média da violação $v_j(\vec{x})$.

Integração das Plataformas

Modelagem no Abaqus®:

- Interface Gráfica;
- Implementação em Python utilizando bibliotecas (Complexo);

Uma forma prática é utilizar a interface gráfica para construção de um modelo base que pode ser salvo como um *script* Python, podendo ser incorporado a outros códigos, variando apenas alguns de seus parâmetros para isso, como mostrado no fluxograma abaixo.

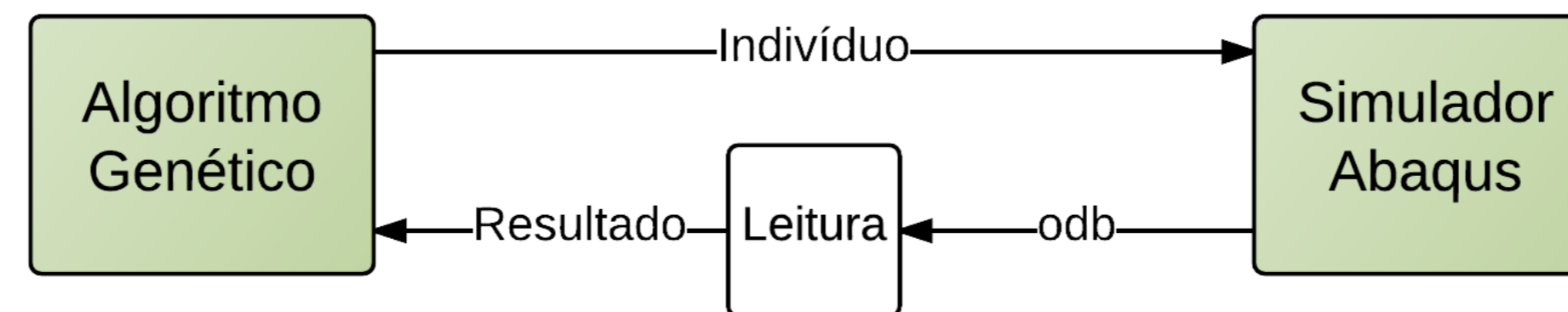


Figura: Fluxograma Integração

As soluções candidatas do AG são passadas por parâmetro para o *script*, possibilitando assim a análise de diferentes soluções. Após a execução do *script* para uma determinada solução candidata, o Abaqus® escreve um arquivo no disco com extensão ".odb" (*output database*) contendo os dados de saída da simulação que podem então ser lidos e seus valores utilizados para avaliar uma solução candidata.

Experimentos Numéricos

Para validar a integração proposta aqui, foi realizado um experimento numérico com um exemplo clássico de otimização estrutural: a treliça de 10 barras (ilustrada na figura 2).

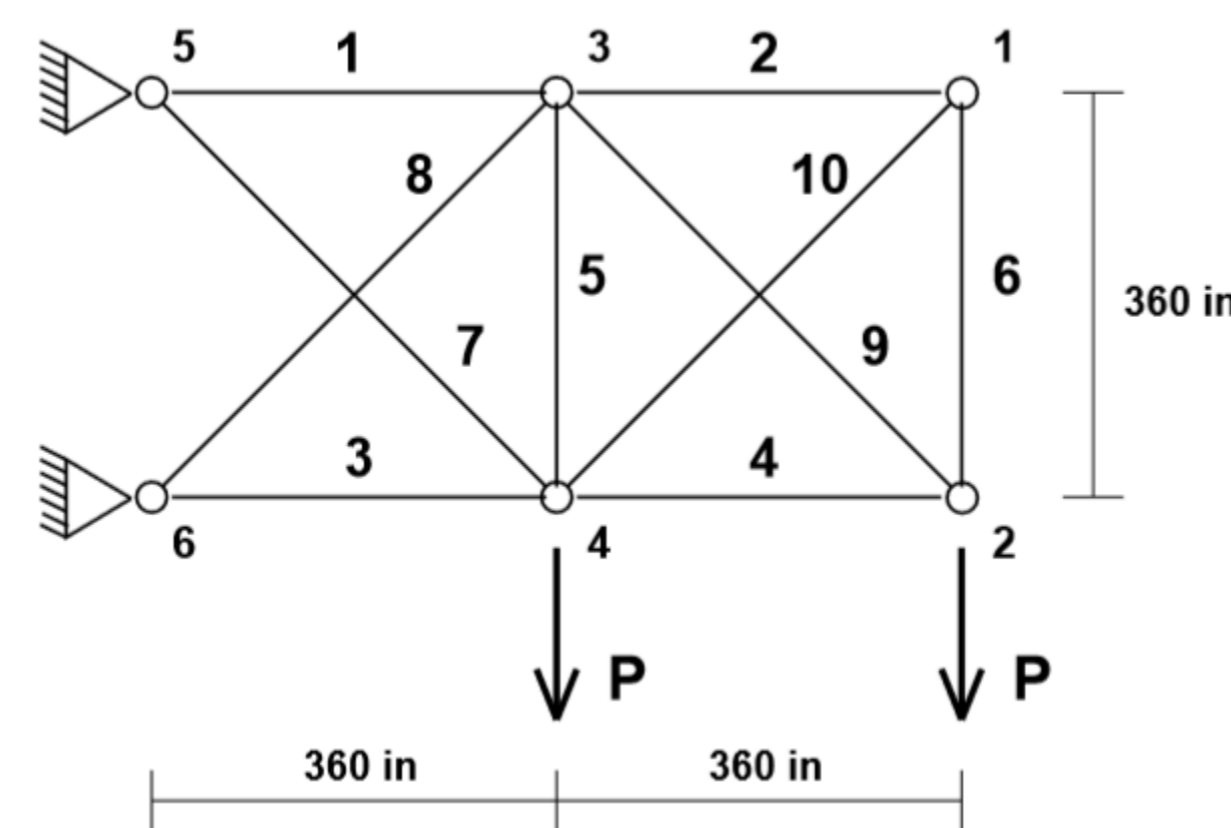


Figura: Treliça de 10 Barras

O problema consiste em encontrar o peso mínimo da estrutura, sujeita a restrições de deslocamento e tensão.

- Solução Encontrada: 5159.9009 lb;
- Melhor Solução Conhecida (Silva et al., 2008): 5060.8544 lb;

Outro problema proposto aqui busca otimizar as posições de quatro tubos de modo a maximizar a troca de calor e minimizar a sua perda de pressão em um trocador de calor (ilustrada na figura 3 e 6).

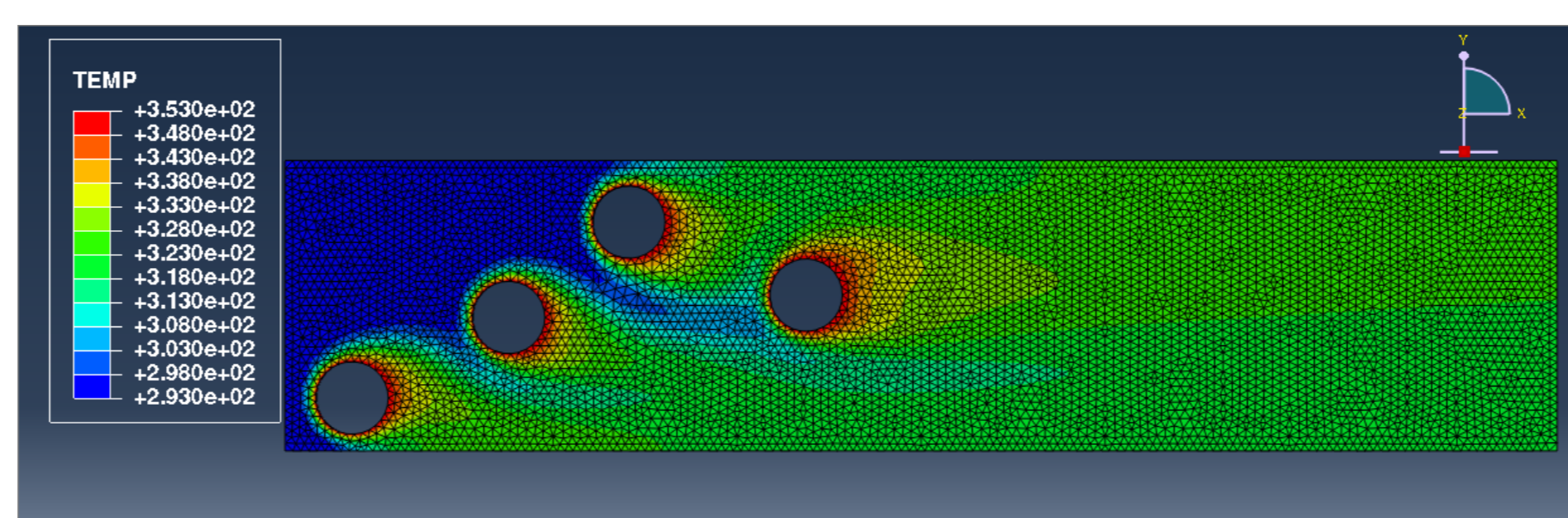


Figura: Trocador de Calor || Δ T

O domínio do trocador é $x = [0; 350]$ e $y = [0; 80]$, em milímetros. O ar entra no domínio em $x = 0$ com temperatura $T_{in} = 293$ K a uma velocidade igual a 30 mm/s. Dentro do domínio, são posicionados os cilindros de raio = 10 mm com temperatura constante $T_{wall} = 353$ K, sendo que os cilindros não podem encostar na fronteira do domínio e nem entre si.

Desta forma, os cilindros devem estar no mínimo 5 mm distantes da fronteira e 10 mm de um outro cilindro.

O modelo de otimização é escrito da seguinte forma:

Max ΔT

Max ΔP

S.a :

$$15 \leq x_i \leq 35, \forall i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$$

$$15 \leq y_i \leq 65, \forall i = 1, 2, 3 \text{ e } 4$$

e, a posição x real dos tubos é dada pela seguinte equação:

$$x_{c1} = x_1$$

$$x_{ci} = x_{c(i-1)} + x_i + 15, i = 2, 3 \text{ e } 4.$$

Foram feitas duas otimizações, sendo uma para maximizar a ΔT e outra para maximizar ΔP. Os resultados obtidos se encontram a seguir.

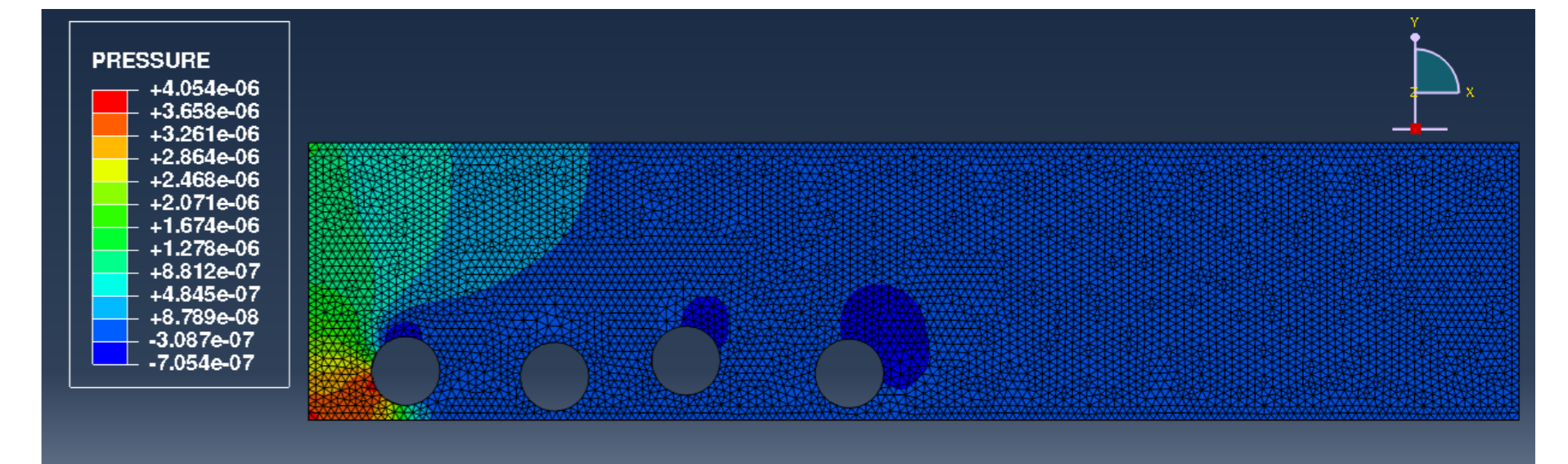


Figura: Trocador de Calor || Δ P

Resultados:

- Maximizar Δ T: 29.0908322 K;
- Maximizar Δ P: -0.0017679 mPa;

	x1	y1	x2	y2	x3	y3	x4	y4
Δ T	18.4039	14.5996	28.0993	36.7569	18.0995	63.0482	33.7626	42.9333
Δ P	28.0429	14.1548	28.0769	12.5166	22.9893	17.1308	32.2697	13.4621

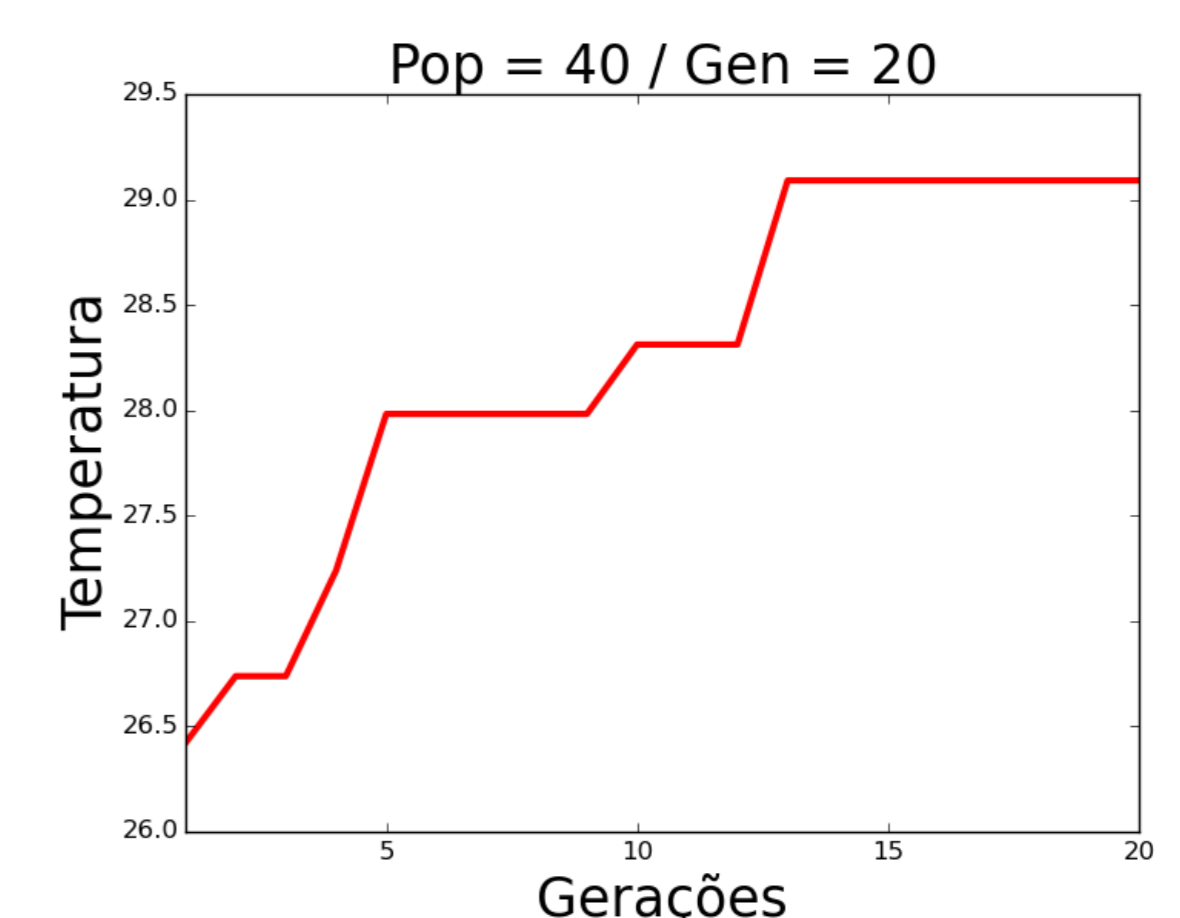


Figura: Trocador de Calor || Δ T

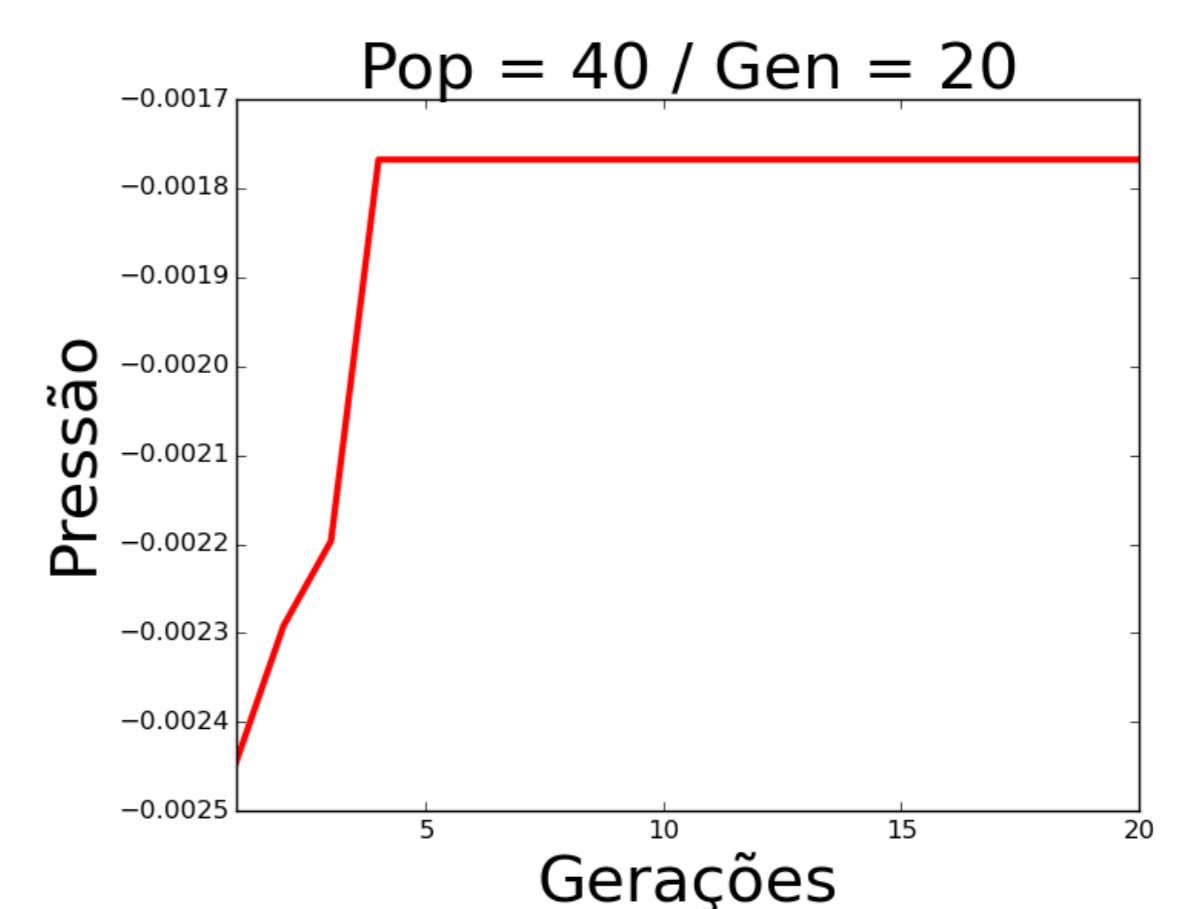


Figura: Trocador de Calor || Δ P

Conclusões e Trabalhos Futuros

Os resultados apresentados no trabalho validam a integração entre as plataformas.

Apesar de viabilizar a otimização em projetos complexos, a utilização do Abaqus® requer mais tempo de processamento, pois as trocas de dados entre processo de busca e simulador são realizados via escrita/leitura de arquivos em disco.

Como trabalho futuro sugere-se a implementação e validação da integração proposta aqui na resolução de outros problemas, bem como a melhora do método de busca.

Agradecimentos

Os autores agradecem os apoios do PGMC/UFJF, CNPq (305099/2014-0) e FAPEMIG (TEC PPM 528/11, TEC PPM 388/14 e PCE-01337-15).

Referências

- Barbosa, H. J. C. and Lemonge, A. C. C. (2002). An adaptive penalty scheme in genetic algorithms for constrained optimization problems. pages 287–294. ACM.
- Silva, E. K. d., Barbosa, H. J. C., and Lemonge, A. C. C. (2008). An adaptive constraint handling technique for differential evolution in engineering optimization. In *International Conference on Engineering Optimization*, page 46.