MANUAL UFC 12

O UFC 12 é um software para otimização do custo energético de estações elevatórias de água. Trata-se de um software executável, construído no ambiente de desenvolvimento Free Pascal Lazarus, portanto não necessita de instalador.

- 1. Abre-se o programa e aparecerá uma janela conforme a Figura 24.
- 2. Clica-se em ABRIR ARQUIVO e busca-se na devida pasta o arquivo INP da rede que se deseja analisar.

Figura 24 – Tela de apresentação	inicial do UFC 12
UFC12 - OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA	_ D X
DADOS DA REDE	OTIMIZAÇÃO
ABRR ARQUVO Nome do arquivo: Quantidade de bombas; Quantidade de Reservatórios Passo de tempo de cálculo hidráulico (min): Quantidade max de acionamentos	SELECIONE O MÉTODO © BRANCH AND BOUND (x8 3 tombas) O ALGORITIMOS EVOLUTIVOS (AG - PSO) O SOLUÇÕES ALEATÓRIAS O TODAS AS SOLUÇÕES VIÁVEIS (1 tomba) O INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Fonte: elaborada pelo autor.

3. Conforme a Figura 25, o programa realiza a leitura imediata de alguns dados da rede mais relevantes para o processo de otimização e suas restrições (quantidade de bombas e reservatórios).

Figura 25 – Janela de seleção das restrições e do algoritmo otimizador

DADOS DA REDE	OTIMIZAÇÃO
ABRIR ARQUIVO	SELECIONE O MÉTODO
Nome do arquivo: Rede_teste_3bombas.inp Quantidade de bombas; 3	ALGORITMOS EVOLUTIVOS (AG - PSO)
Quantidade de Reservatórios 3 Passo de tempo de cálculo hidráulico (min): 60	O SOLUÇÕES ALEATÓRIAS
Quantidade max de acionamentos	O INVERSOR DE FREQUÊNCIA
Nivel Final DOS RESERVATÓRIOS 2 Nivel final maior que o inicial A S Nivel final acima em X% da altura útil Nivel final abaixo em X% da altura útil Nivel final abaixo em X% da altura útil Nivel final inire Nivel final line Nivel final Nivel fina	•

- 4. Realiza-se a imposição da primeira restrição (relativa à quantidade permitida de acionamentos diários). Pode-se optar por trabalhar com um número máximo de acionamentos de 0 a 5, ou ainda, deixar irrestrito parâmetro ao se selecionar a opção LIVRE.
- 5. Realiza-se a imposição da segunda restrição (relativa ao nível dos reservatórios). Pode-se optar pela condição em que o nível final é superior ao inicial, acima ou abaixo da altura útil no percentual que for informado, ou ainda, optar por não impor restrição, selecionando a opção NÍVEL FINAL LIVRE.
- Seleciona-se a opção do algoritmo otimizador com o qual se deseja trabalhar e clica-se no botão verde

BRANCH AND BOUND

- A Figura 26 mostra a janela que surge ao se escolher a primeira opção de algoritmo de otimização (BRANCH AND BOUND). A janela mostra o padrão diário de variação da tarifa energética.
 - 7.1. Informa-se se todas as bombas pertencem ou não à mesma estação elevatória.
 - 7.2. Seleciona-se a quantidade máxima de bombas que se permitem estar ligadas no período em que a tarifa é mais onerosa.
 - 7.3. Não é necessário informar o tempo de busca, pois a varredura é feita de maneira integral, ou seja, até que seja percorrido todo o universo de soluções viáveis.



Figura 26 – Janela de seleção do algoritmo Branch and Bound

8. Clica-se no botão verde < para iniciar o processo de otimização.

- A Figura 27 representa a janela de execução do UFC 12 mediante a técnica de busca do algoritmo BRANCH AND BOUND.
 - 9.1. Durante o processo, apresentam-se na parte superior da janela as informações do tempo decorrido, do número de soluções viáveis encontradas até o momento e do custo referente à melhor solução.
 - 9.2. Na parte intermediária da tela, exibem-se a solução analisada num determinado instante e a melhor solução até então encontrada.
 - 9.3. Os gráficos na parte inferior da janela mostram a evolução das soluções viáveis encontradas a cada geração e a variação do custo da solução ótima.
 - 9.4. O botão PARAR pode ser acionado caso de se deseje interromper o processo de busca antes da varredura completa do universo de soluções viáveis.

Figura 27 – Janela de execução do algoritmo Branch and Bound



10. Ao final, surge uma janela, conforme a Figura 28, com as informações resultantes do procedimento de otimização.



Figura 28 – Resultado do processo de otimização pelo algoritmo Branch and Bound

- 10.1. Na parte superior, exibe-se a solução e o custo energético ótimos e, ainda, uma lista com todas as soluções viáveis elencadas por ordem crescente de custo.
- 10.2. O gráfico na parte intermediária retrata a variação diária dos níveis de cada um dos reservatórios na ocasião da solução ótima.
- 10.3. Na região inferior, apresenta-se a estratégia operacional ótima, identificando o número de bombas ligadas a cada hora do dia.
- 11. Finalmente, pode-se clicar no botão GERAR INP para criar um arquivo com a referida extensão, contendo os dados da solução ótima, conforme a Figura 29.

	enação do arganto na	t tetetente a botação o	· ····
Save file as			x
$\leftarrow \rightarrow \cdot \cdot \uparrow$	« Dropbox » DEHA » Epanet »	✓ ♂ Pesquisar Epanet	Q
Organizar 🔻 No	ova pasta	8== ▼	?
	↑ Nome	Data de modificac Tipo	
📌 Acesso rápido			
📃 Área de Traba	🚽 🗉 🛃 Exercício 1	3/12/2016 1:19 AM Pasta de arquiv	/OS
	Rede_teste_3bombas	12/6/2018 10:28 PM Arquivo INP	
D I			
Огорьох	×		
Documentos	*		
Imagens	*		
projeto	*		
🍶 Nilton Dropb	*		
📕 rede_p_rodar			
🌄 Resultados ex	per v < III		>
Nome:	Solucao otima		~
Time			_
про:	INP (EPAINET)		~
∧ Ocultar pastas		Salvar Cancelar	

Figura 29 - Criação do arquivo INP referente à solução ótima

12. O arquivo com extensão .INP pode ser gerado da mesma maneira para todos os outros algoritmos de otimização.

ALGORITMOS EVOLUTIVOS (AG – PSO)

- 13. A Figura 30 mostra a janela que surge ao se escolher a segunda opção de algoritmo de método de otimização (ALGORITMOS EVOLUTIVOS AG – PSO). Deve-se escolher um dos métodos apresentados para iniciar a simulação.
 - 13.1. No lado esquerdo da tela, solicita-se a inserção dos dados de entrada referentes aos algoritmos genéticos.
 - 13.2. Na região da direita, requerem-se os parâmetros relativos ao PSO.
 - Para qualquer hipótese de algoritmo selecionado, deve-se informar o tempo de busca com o qual se pretende trabalhar.

TAMANHO DA POPULAÇÃO 100 TAMA SELEÇÃO-TORNEIO(n) 2 ~ TAXA DE CRUZAMENTO(%) 90	IO DA POPULAÇÃO 100
TAXA DE MUTAÇÃO(%) 5 Quant TAXA DE ELITISMO(%) 2 RESTART(n) 100	T(n) C1 C2 1 1 ade de Bombas Ligadas nas horas mais caras: 2 v

Figura 30 – Janela de inserção dos parâmetros dos algoritmos evolutivos (AG – PSO)

- 14. Clica-se no botão verde < referente ao algoritmo escolhido para iniciar o processo de otimização.
- 15. A Figura 31 representa a janela de execução do UFC 12 mediante a técnica de busca dos algoritmos evolutivos: AG ou PSO.



Figura 31 – Janela de execução dos algoritmos evolutivos (AG – PSO)

- 15.1. Durante o processo, apresentam-se na parte superior da janela as informações do tempo decorrido, do número de soluções viáveis encontradas até o momento e do custo referente à melhor solução.
- 15.2. Na área maior da tela, exibe-se um gráfico dinâmico com uma linha vermelha representando o custo energético referente à melhor solução encontrada até um determinado momento.
- 15.3. Caso se deseje interromper o processo antes do tempo informado, basta clicar no botão PARAR.

SOLUÇÕES ALEATÓRIAS

16. A terceira técnica de otimização é a busca por soluções aleatórias. Esta estratégia não segue uma regra determinada como os demais algoritmos, portanto, conforme a Figura 32, para começar o processo de busca basta informar o tempo e clicar em INICIAR.

UFC12 - OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA	-	x
Duração (min): 120 Inicia		

Figura 32 - Janela de seleção do processo aleatório de busca

TODAS AS SOLUÇÕES VIÁVEIS

- 17. O quarto método de otimização é a busca e análise de todas as soluções viáveis e pode ser aplicado exclusivamente a sistemas com uma única bomba. O tempo necessário à varredura completa do espaço de busca é de aproximadamente 32 horas.
- 18. Conforme a Figura 33, para começar a otimização basta acionar o botão INICIAR.
 - Figura 33 Janela de execução do algoritmo de busca por todas as soluções viáveis



19. Caso se pretenda interromper o procedimento antes da varredura completa do espaço de busca, basta clicar no botão PARAR. A Figura 34 mostra a janela de interrupção do processo de busca por todas as soluções viáveis.

Figura 34 – Resultado do processo de busca por todas as soluções viáveis após uma interrupção

		menup	iça0				
UFC12 - OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃ	O DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIA	S DE ÁGUA			-)
soluções analisadas	soluções viáveis 3515	MELHOR SOLUÇÃO 7.606512	duração (MIN)	INICIAR			
1 0.8- 0.4- 0.2- 0.4- 0.4- 0.4- 0.2- 0.4- 0.4-						-	
-0.6- -0.8- -1- 0 500000000000000000000000000000000000	ဆာတ်လေးလ်လေးလ်လေးလ်လေးလ်လေး	ooceocoascootacootacootacootacootacootacoota	socamocoamocoamocoamocoa	ISÓORROGORROGORROGORROGORROGORROGORROGORR	0004500050	10000	

INVERSOR DE FREQUÊNCIA

- 20. O quinto método é o processo intitulado por INVERSOR DE FREQUÊNCIA. Esta é a única dentre as técnicas que pode ser aplicada a sistemas com bombas de velocidade de rotação variável.
- A Figura 35 apresenta a janela de inserção do tempo de execução do processo de busca e dos parâmetros relativos ao algoritmo otimizador.

Figura 35 – Janela de inserção dos parâmetros do inversor de frequência

DUFC12 - OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA	_ _ ×
INVERSOR DE FREQUÊNCIA	
TEMPO (MIN)	
TAMANHO DA POPULAÇÃO 100	
W 1.4 C1 2 C2 2	
Redução Máxima de Velocidade (%) 70	

- 21.1. Neste caso, a variável de decisão é contínua (real) e representa a velocidade das bombas a cada hora do ciclo diário.
- 21.2. Assim como em uma das opções da segunda técnica de otimização, o inversor de freqüência também se fundamenta no algoritmo de enxame por enxame de partículas (PSO). A diferença entre este método e o anterior está na natureza da variável de decisão.
- 22. Clica-se no botão verde 🧟 para iniciar o processo de otimização.
- 23. A Figura 36 representa a janela de execução do UFC 12 mediante o processo de busca e otimização pelo método INVERSOR DE FREQUÊNCIA.



Figura 36 – Janela de execução do inversor de frequência

- 23.1. Durante o processo, apresentam-se na parte superior da janela as informações do tempo decorrido, do número de soluções viáveis encontradas até o momento e do custo referente à melhor solução.
- 23.2. Na área maior da tela, exibe-se um gráfico dinâmico com uma linha vermelha representando o custo energético referente à melhor solução encontrada até um determinado momento.
- Caso se deseje interromper o processo antes do tempo informado, basta clicar no botão PARAR.
- 24. Após encerrado o processo de busca e otimização, surge uma janela conforme a Figura37 para gerar um arquivo txt (opcional), contendo os dados das soluções encontradas.

← → × ↑ K OEHA > UFC12 > rede p roda	(MIN)	GERAR INP
organizar + Nova pasta		PARAR
Acesso rápido	Data de modificaç Tipo	
🗖 Área de Traba 🖈 🗏 🚽 Nova pasta	11/26/2018 3:11 PM Pasta de arquivos	
La Downloads	10/21/2015 4:40 PM Documento de Te	
ag3.txt	10/21/2015 4:49 PM Documento de Te	·····
agf1.txt	10/21/2015 4:52 PM Documento de Te	↓↓↓↓↓
🗎 Documentos 🖈 🚽 al.txt	10/21/2015 5:04 PM Documento de Te	
📰 Imagens 🖈 👹 exp1.txt	7/26/2018 7:26 AM Documento de Te	
📙 projeto 🛷 🖉 exp2.txt	7/30/2018 4:37 PM Documento de Te	++++++++++
Silton Dropb 🖈 🛛 🖉 exp4.txt	7/30/2018 5:41 PM Documento de Te	
rede p rodar	8/1/2018 4:34 AM Documento de Te	
Resultados exper	10/21/2015 4:57 PM Documento de Te 🗸	
	·····	+++++++++++
Nome: solucao_otima	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Tipo: Arguivo texto (.b.t)	v	
Ocultar pastas	Salvar Cancelar	
040		+++++
020		<u>↓↓↓↓</u> ↓

Figura 37 - Criação do arquivo TXT para as soluções viáveis encontradas

25. A Figura 38 mostra um exemplo de arquivo txt gerado. Nele encontram-se os dados das soluções viáveis encontradas em ordem decrescente de custo energético.

Figura 38 – Arquivo TXT gerado pelo UFC 12

📕 solucao_otima.txt - Bloco de notas 🖉 🗖	x
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda	
PS0	^
ITERAÇÃO - TEMPO(MIN) - MELHOR SOL - CUSTO(MELHOR SOL)	
1 0 101100010011101110110111 1523.351318	
1 0 1101110100001101110000 1518.759888	
1 0 0111001110011001101111 1475.310547	
1 0 111101100101111100100110 1284.547974	
1 0 001110110101000110110100 1281.346436	
2 0.01666666754 0101011110101111010010000 1204.410767	
4 0.05000000075 0100010010111010010101 1183.149536	
5 0.06666667014 00001000101111110010101 1135.613159	
10 0.150000006 100010100100111110010101 1129.461914	
10 0.150000006 00000100010111110010100 1097.753174	
10 0.150000006 001101010101111110000100 1060.072632	
12 0.1833333373 101110110001111110000100 1051.778198	
13 0.200000003 000010111100111110000100 1027.043823	
14 0.2166666687 000010101101111110000100 1023.578308	
17 0.2666666806 000111101100111110000100 1014.386841	
17 0.2666666806 001011100101111110000100 1012.829041	
17 0.2666666806 010011100101111110000100 1009.395203	
19 0.3000000119 010011100001111110000100 1008.476746	
Soluções Viáveis => 1136	
Quantidade de Iterações => 61	
	×
	12 3

26. O arquivo com extensão .txt também pode ser gerado da mesma maneira para a opção ALGORITMOS EVOLUTIVOS (AG – PSO).