

Política de Troca de Brocas de Perfuração

Autor

Crystal Ball

Sumário

Quando perfurando certos tipos de terrenos, a performance de uma broca de perfuração diminui com o tempo devido ao desgaste. Eventualmente, a broca deve ser trocada à medida que os custos superam o valor do poço sendo perfurado. O problema é determinar a política de troca ótima; isto é, o ciclo de perfuração, T horas, entre as trocas. Neste modelo, você determinará o tempo de troca ótimo e maximizará os lucros enquanto ainda considera as incertezas inerentes no processo de perfuração.

Nota: Este modelo foi sugerido de um exemplo do Kenneth K. Humphreys, *Jelen's Cost and Optimization Engineering*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 257-262.

Keywords: ciclo de perfuração, broca, escavação, petróleo, óleo, gás, taxa de perfuração, política de troca, otimização, simulação

Discussão

Após T horas, a taxa de perfuração pode ser expressa como:

$$\frac{dM}{dT} = \frac{15}{\sqrt{T/10}} \text{ metros por hora}$$

Por exemplo, usando a equação acima, após 5 horas de uso consecutivo (começando com uma broca de perfuração nova), o perfurador é capaz de penetrar o terreno numa taxa de 21,21 metros por hora. Enquanto depois de 50 horas, a taxa de penetração é somente 6,71 metros por hora.

T horas depois da troca da broca, a profundidade total perfurada em metros, M, é dada pela integral da primeira equação de 0 a T, ou:

$$M = 300 \sqrt{T/10} \text{ metros}$$

onde 300 é um coeficiente de profundidade de perfuração.

O valor do rendimento por metro perfurado é calculado como \$60. As despesas de perfuração são fixas em \$425 por hora, e geralmente se requer $R = 7,5$ horas para instalar uma nova broca de perfuração, a um custo de $\$8.000 + \$400R$.

Se todos os parâmetros de perfuração estiverem certos, calcule a política de troca ótima que seria justa. Entretanto, vários dos parâmetros de perfuração são incertos, e o conhecimento sobre os seus valores deve ser assumidos:

- Devido às variações no processo de perfuração e terreno, o coeficiente de profundidade, C, é caracterizado por uma distribuição normal com uma média de 300 e um desvio padrão de 20.
- O tempo de instalação da broca de perfuração, R, varia e é determinado por uma distribuição triangular com parâmetros 6,5, 7,5, e 9.
- O número de dias de 10-horas disponível por mês, D, também varia devido ao tempo e o número de dias num mês, e é assumido ser triangular com parâmetros 24, 28, e 30.

Com estas *assumptions*, o ciclo lucro/perfuração se a broca for trocada após T horas se iguala à receita obtida da perfuração menos despesas de perfuração e custos de troca:

$$\text{ciclo lucro/perfuração} = \$60M - \$425T - (\$8.000 + \$400R)$$

Assumindo D dez horas dia por mês, o número médio de ciclos por mês é $10D/(T + R)$. Portanto, o lucro médio por mês é:

$$\frac{\text{Lucro Médio}}{\text{Mês}} = \frac{10D \left[\$60 \left(C \sqrt{\frac{T}{10}} \right) - \$425T - \$8.000 - \$400R \right]}{T + R}$$

Seu objetivo é encontrar o valor de T que maximiza o lucro médio por mês.

Usando o Crystal Ball

Crystal Ball implementa o seu modelo Excel permitindo você criar distribuições de probabilidade (referidas no Crystal Ball como "assumptions") que descrevam os três parâmetros de perfuração incertos descritos acima. Cada célula *assumption* é pintada de verde e é marcada por uma nota do Excel (passe o mouse sobre a célula para ver a nota). Para ver os detalhes de uma *assumption*, destaque a célula e clique no botão Define Assumption do grupo de ferramentas Define da guia Crystal Ball.

Política de Troca de Broca de Perfuração

Entradas do modelo		Saídas do Modelo	
Custos de perfuração/hora	\$425,00	Profundidade da perfuração (m)	520
Tempo de instalação /broca (horas)	7,50	Rendimento /ciclo	\$31.176,91
		Profundidade /ciclo	\$23.750,00
		Tempo de instalação /ciclo	\$7.426,91
		Tempo de instalação /ciclo	8,00
		Lucro médio por mês	\$59.415,32

Define Assumption: Cell C6

Name: Tempo de instalação/broca (horas)

Triangular Distribution

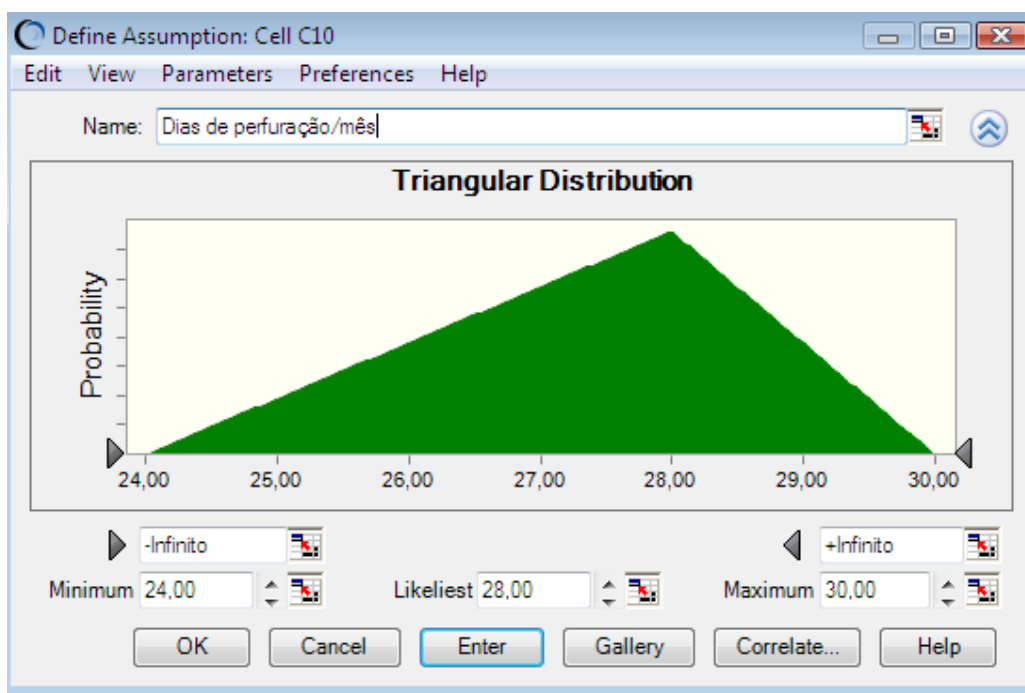
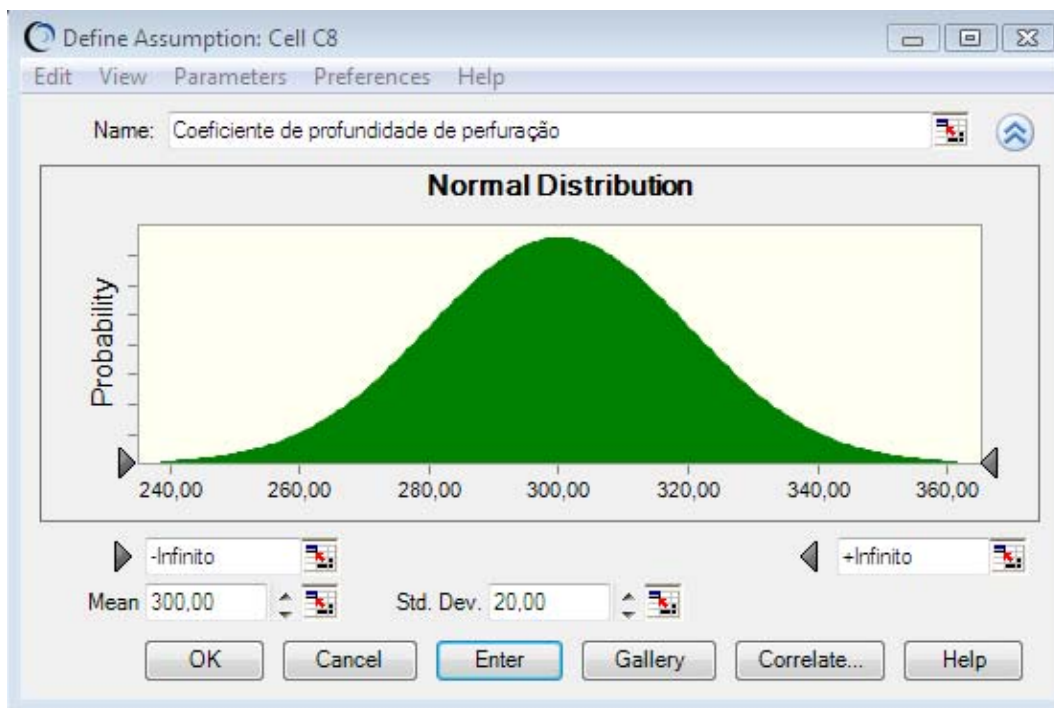
Probability

6,60 6,90 7,20 7,50 7,80 8,10 8,40 8,70 9,00

Minimum: 6.50 Likeliest: 7.50 Maximum: 9.00

OK Cancel Enter Gallery Correlate... Help

as trocas para lucro



Este modelo também inclui um *forecast* do Crystal Ball, **Lucro/mês**, mostrado em azul claro. Os *forecasts* são equações, ou saídas, que você quer analisar após uma simulação. Durante uma simulação, o Crystal Ball salva os valores das células *forecast* e mostra-os num *forecast chart*, que é um histograma dos valores simulados. Para ver um *forecast* com Crystal Ball, destaque a célula e clique no botão *Define Forecast* no grupo de ferramentas *Define* da guia *Crystal Ball*.

Política de Troca de Broca de Perfuração

Entradas do modelo		Saídas do Modelo	
Custos de perfuração/hora	\$425,00	Profundidade da perfuração (m)	520
Tempo de instalação /broca (horas)	7,50	Rendimento /ciclo	\$31.176,91
Custo para trocar a broca	\$11.000,00	Despesas de perfuração /ciclo	\$23.750,00
Coeficiente de profundidade de perfuração (m)	300	Lucro /ciclo	\$7.426,91
Rendimento/metro perfurado		Ciclos de troca/mês	8,00
Dias de perfuração /mês			

Tempo entre as trocas **Lucro /mês**

\$59.415,32

Quando você rodar a simulação, o Crystal Ball gerará um número randômico para cada *assumption* (baseado em como a *assumption* foi definida) e coloca o novo valor na célula. O Excel então recalcula o modelo. Você pode testar isto clicando no botão *Single Step* no grupo de ferramentas Run da guia Crystal Ball de ferramentas.

Política de Troca de Broca de Perfuração

Entradas do modelo		Saídas do Modelo	
Custos de perfuração/hora	\$425,00	Profundidade da perfuração (m)	520
Tempo de instalação /broca (horas)	7,50	Rendimento /ciclo	\$31.176,91
Custo para trocar a broca	\$11.000,00	Despesas de perfuração /ciclo	\$23.750,00
Coeficiente de profundidade de perfuração (m)	300	Lucro /ciclo	\$7.426,91
Rendimento/metro perfurado	\$60,00	Ciclos de troca/mês	8,00
Dias de perfuração /mês	30		

Tempo entre as trocas **Lucro /mês**

30,00 \$59.415,32

Otimizar o tempo entre as trocas para maximizar o lucro

Depois de um passo (Single Step):

Drill Bit Replacement.xlsm

Step through one trial of the simulation at a time.
Crystal Ball
Pressione F1 para obter mais ajuda.

Política de Troca de Broca de Perfuração

Entradas do modelo		Saídas do Modelo	
Custos de perfuração/hora	\$425,00	Profundidade da perfuração (m)	508
Tempo de instalação /broca (horas)	8,67	Rendimento /ciclo	\$30.457,73
Custo para trocar a broca	\$11.467,40	Despesas de perfuração /ciclo	\$24.217,40
Coefficiente de profundidade de perfuração (m)	293,07962	Lucro /ciclo	\$6.240,33
Rendimento/metro perfurado	\$60,00	Ciclos de troca/mês	6,97
Dias de perfuração /mês	26,938368		
Tempo entre as trocas	30,00	Lucro /mês	\$43.473,21

Otimizar o tempo entre as trocas para maximizar o lucro

Depois de você rodar uma simulação (1.000 trials), você verá o *forecast chart* para o **Lucro/mês**.

Forecast: Lucro/mês

1.000 Trials Frequency View 994 Displayed

Control Panel

Run Analyze Help

Simulation complete

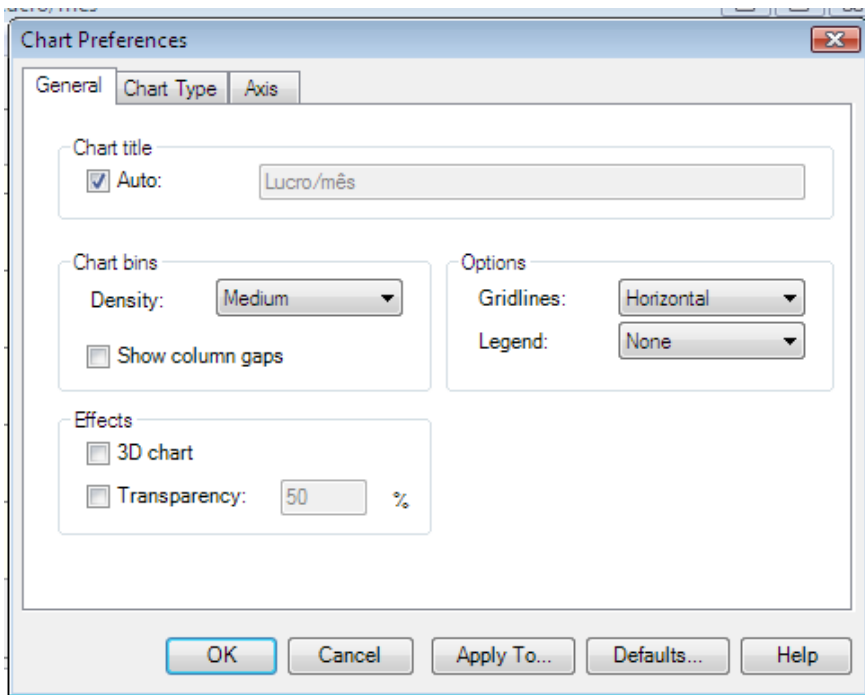
0 Total trials: 1.000 1.000

do Modelo

ção (m)	520
	\$31.176,91
p/ciclo	\$23.750,00
	\$7.426,91
	8,00
	\$59.415,32

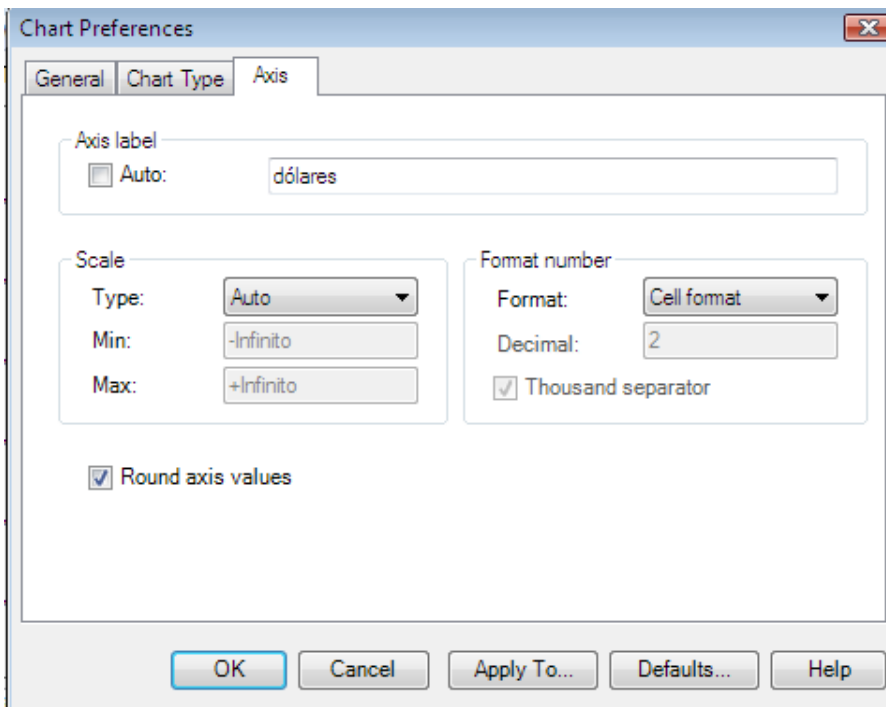
Otimizar o tempo entre as trocas para maximizar o lucro

Para fazer aparecer os títulos em português clique no menu Preferences e daí selecione chart...

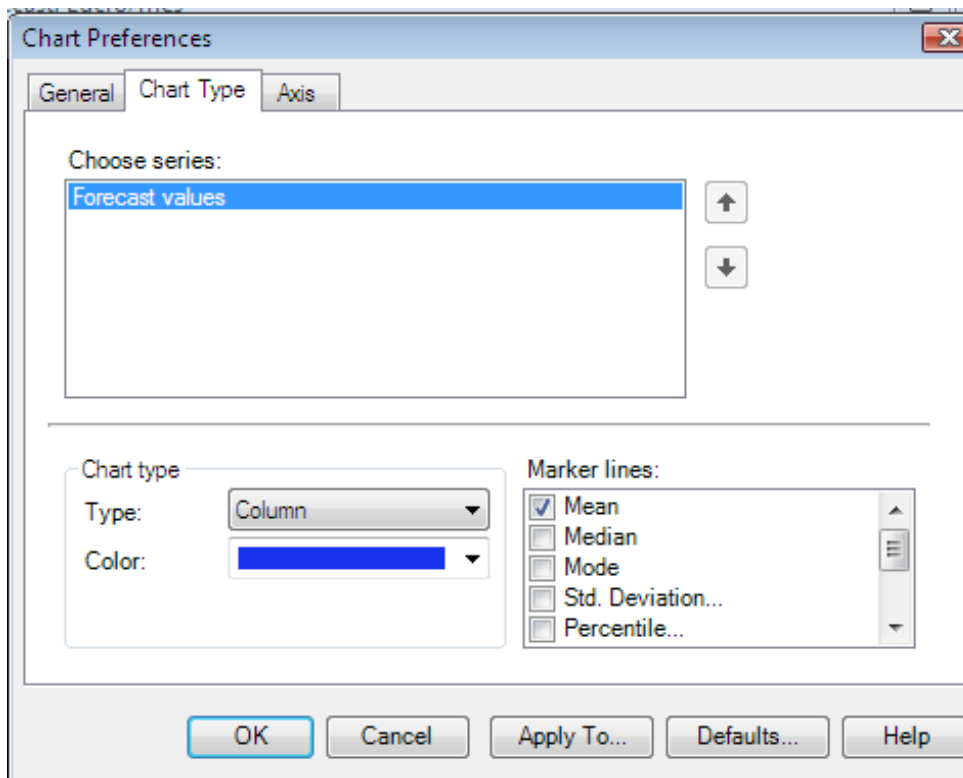


Desmarque a caixa `Auto` e digite o título do gráfico: **Lucro/mês**.

Faça a mesma coisa na guia `Axis` da janela `Chart Preferences`, desmarque `Auto` e digite o título do eixo: **dólares**.



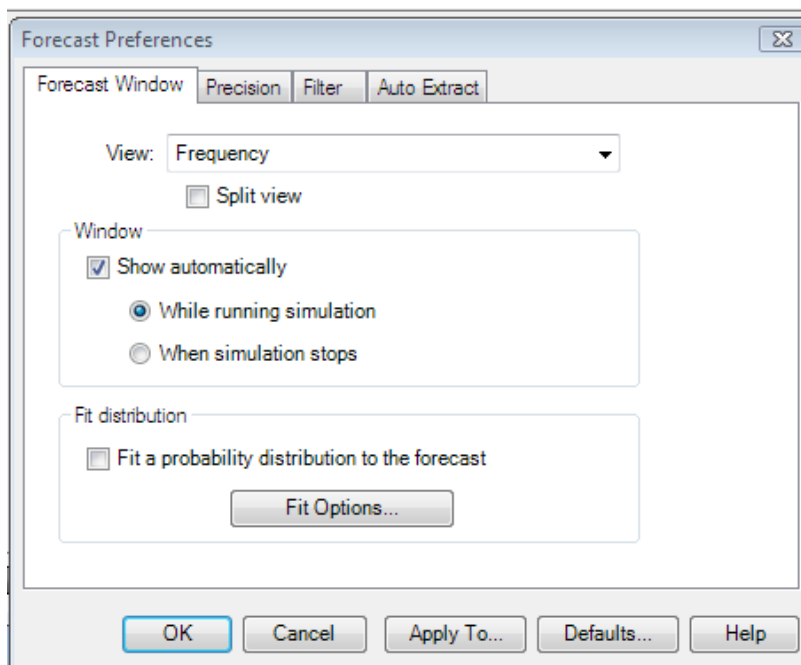
Clicando na guia `Chart Type` da janela `Chart Preferences`, você escolhe as linhas de marcação a serem exibidas juntamente com o gráfico em `Marker lines`:



Neste exemplo escolhemos Mean para fazer exibir a média que foi de \$53.340,86.

Qual é o valor médio? (Sugestão: use a barra de Espaço para andar por meio das exibições Statistics e Percentiles).

Para fazer a exibição de *Statics* e *Percentiles*, basta selecionar a guia Preferences na janela *Forecast:Lucro/mês* e daí então Forecast Com isso abrirá a janela *Forecast Preferences*:

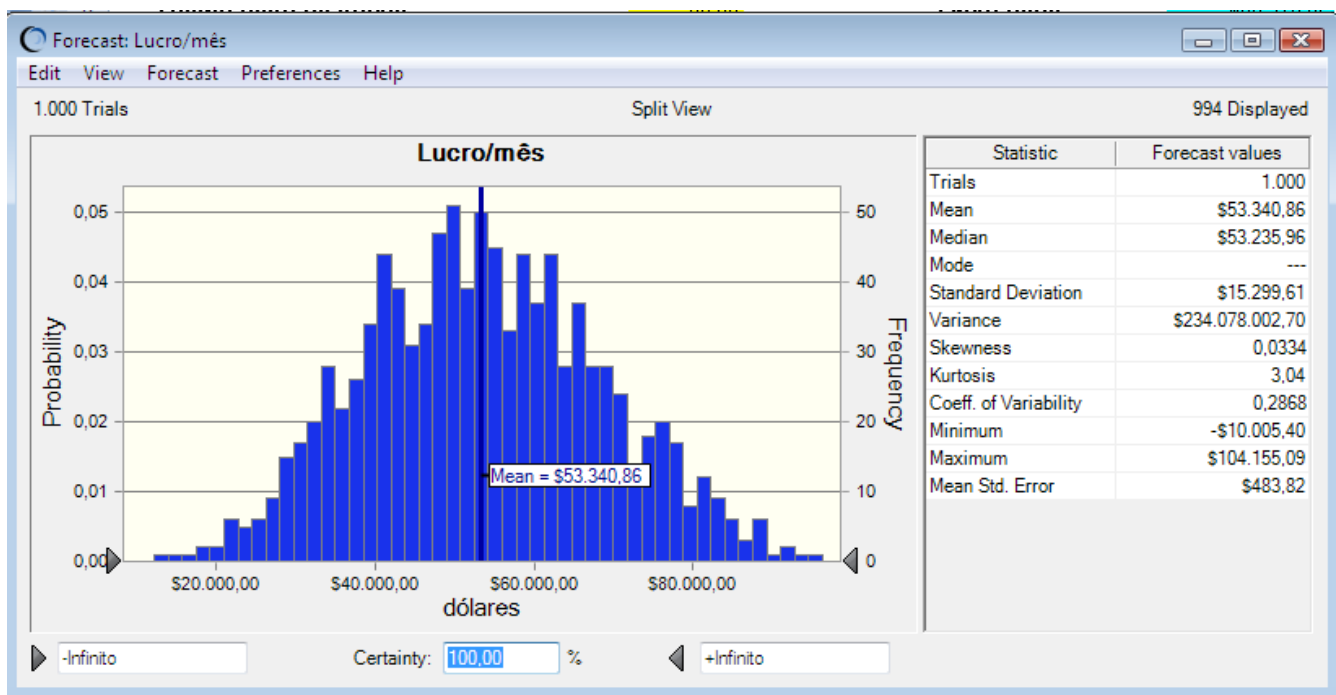


Veja que podemos também nesta janela ajustar a distribuição (*Fit distribution*), marcando a caixa Fit a probability distribution to the forecast. Veja que temos também o botão Fit Options..., para opções de ajuste.

Podemos através dos botões de rádio escolher como e quando exibir a janela Forecast: Lucro/mês.

Nesta guia, portanto, configuramos as preferências da Janela Forecast (*Forecast Window*)

Marque a caixa de verificação *Split view* e após OK, e a janela *Forecast: Lucro/mês* ficará assim:



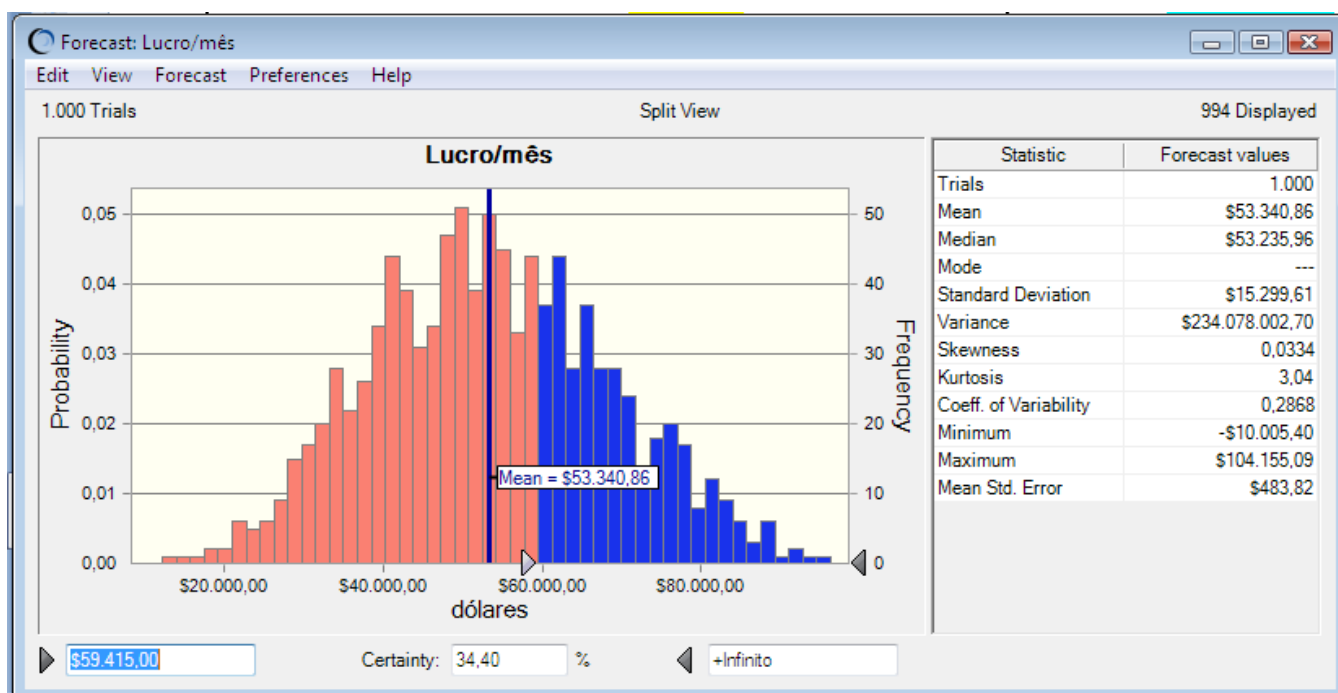
Qual é a certeza de um lucro de mais de \$59.415?

Esta janela revela que temos 100% de certeza de obter um lucro entre um pouco menos de \$20.000,00 e um pouco mais de \$80.000,00 com uma média de \$53.340,86e desvio padrão de \$15.299,61. A distribuição de probabilidade apresenta os seguintes parâmetros:

- Curtose de 3,04 – característica de uma distribuição normal .
- Distorção (Skewness) de 0,0334
- Um mínimo de \$ 10.006,40 e um máximo de \$104.155,09
- Mediana de \$53.325,96 – quase coincidindo com a média.

Qual é a certeza de um lucro de mais de \$59.415?

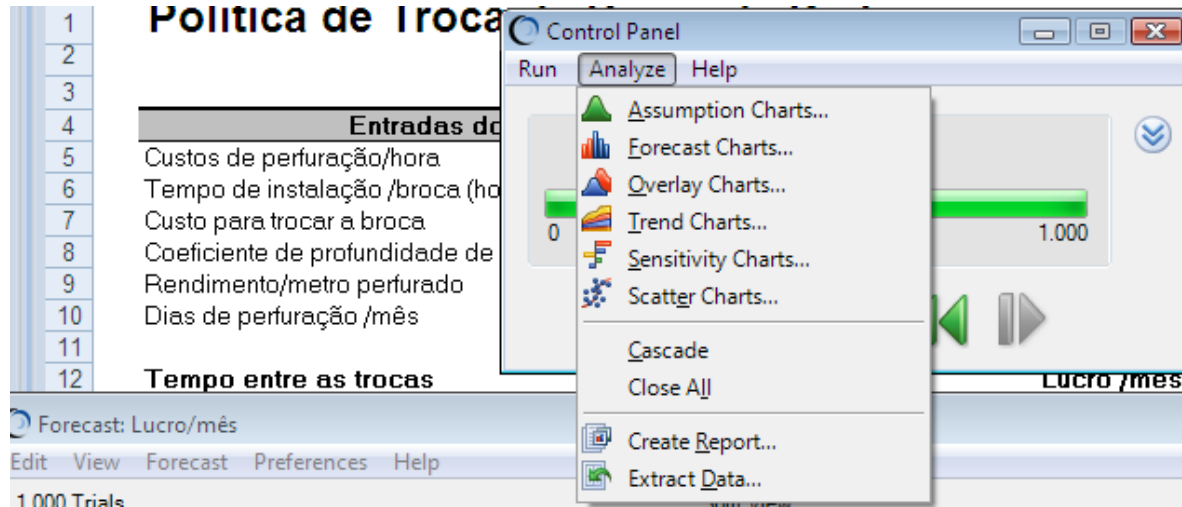
Para verificar isto basta digitar este valor no campo esquerdo inferior da linha de *Certeza* da janela *Forecast: Lucro/mês*. Depois do OK aparecerá a janela:



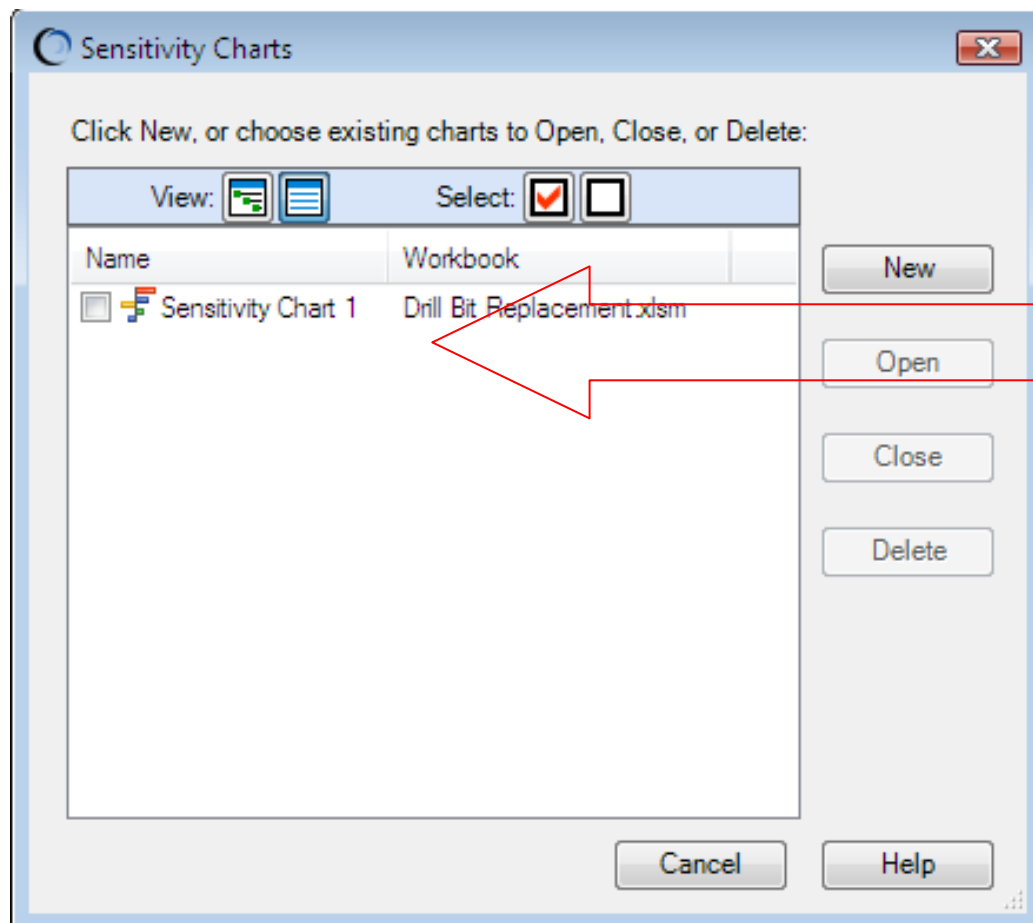
Nesta janela é mostrado que temos 34,4% de certeza de que o lucro será superior a \$59.415,00, acima um pouco da média.

Para ver qual das *assumptions* teve o maior impacto num *forecast* particular, use um *sensitivity chart*.

Podemos exibir este gráfico podemos seleccionar *Sensitivity Charts...* na guia *Analyze* do *Control Panel*.

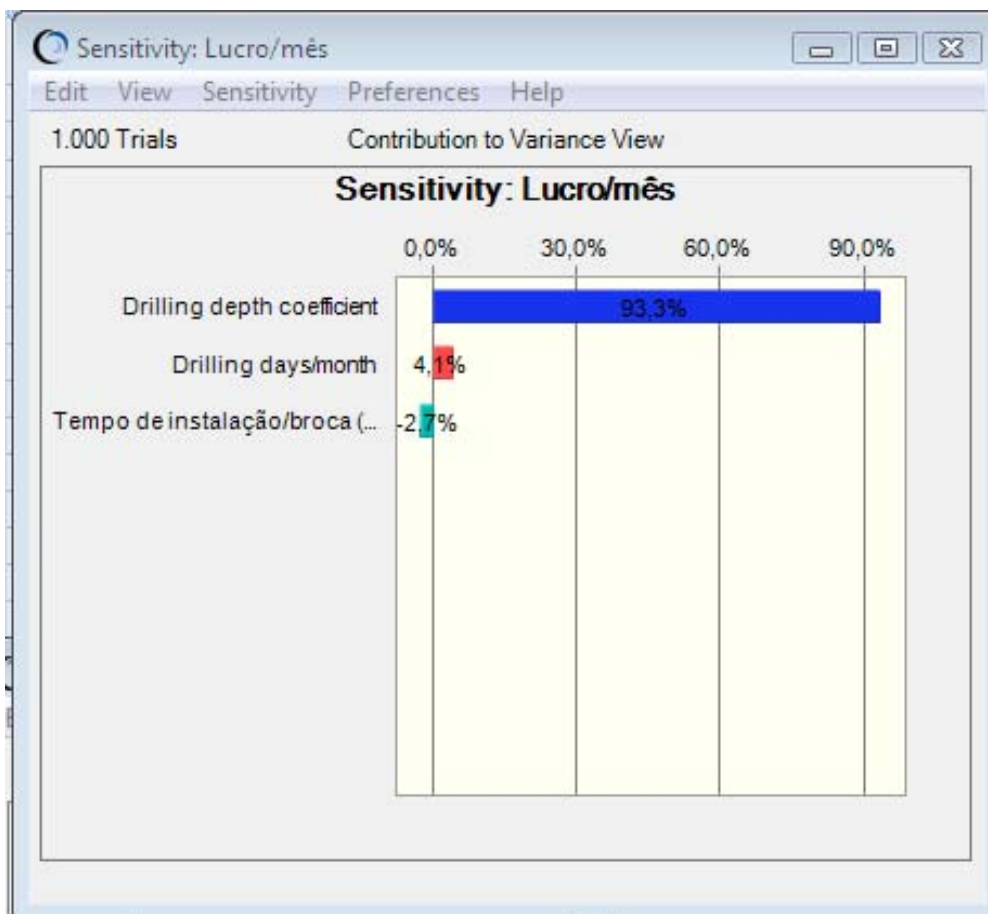


Aparecerá agora a janela



Caso este espaço apareça em branco, pressione o botão **New**

Marque a caixa *Sensitivity Chart 1* da planilha *Drill Bit Replacement.xlsm*. os demais botões ficarão habilitados e daí, então, clique no botão *Open*, para abrir o gráfico da sensibilidade do *forecast* às *assumptions*:



Qual *assumption* afeta mais o Lucro/mês? Isto está de acordo com sua intuição? O que acontece com o forecast se você mudar o intervalo de *assumption* e executar novamente a simulação?

No gráfico vemos que a *assumption* que mais afeta o **Lucro/mês** é o coeficiente de profundidade de perfuração. Isto está de acordo com a minha intuição, pois esta *assumption* aparece no numerador como C da fórmula do *forecast* Lucro/mês.

Podemos configurar a exibição da janela *Sensitivity: Lucro/mês*. Para tanto, selecione *Preferences* e, depois, *Sensitivity...*, ou *chart...* e mude as preferências.

Usando o OptQuest

Agora que você executou o Crystal Ball, você pode realizar uma otimização deste problema usando o *OptQuest*. O *OptQuest* requer variáveis de decisão, que são variáveis do modelo sobre as quais você tem controle. A única variável de decisão definida neste modelo é o tempo do ciclo de trocas das broca de perfuração, T. Cada variável de decisão é pintada de amarelo e está marcada com uma nota do Excel (passe o mouse sobre a célula para ver a notas). Para ver os detalhes de uma variável de decisão, destaque a célula e selecione *Define Decision* no grupo de ferramentas *Define* da guia Crystal Ball.

Modelo

Custo	\$425,00
Tempo	7,50
Custo	\$11.000,00
Profundidade (m)	300
Rendimento/metro perfurado	\$60,00
Dias de perfuração /mês	30
Tempo entre as trocas	30

Saídas do Modelo

Profundidade da perfuração (m)	520
Rendimento /ciclo	\$31.176,91
Despesas de perfuração /ciclo	\$23.750,00
Lucro /ciclo	\$7.426,91
Ciclos de troca/mês	8,00
Lucro /mês	\$59.415,32

Otimizar o tempo entre as trocas para maximizar o lucro

Fazendo isto aparecerá a janela Define Decision Variable: Cell 12.

Define Decision Variable: Cell C12

Name:

Bounds

Lower: Upper:

Type

Continuous

Discrete Step:

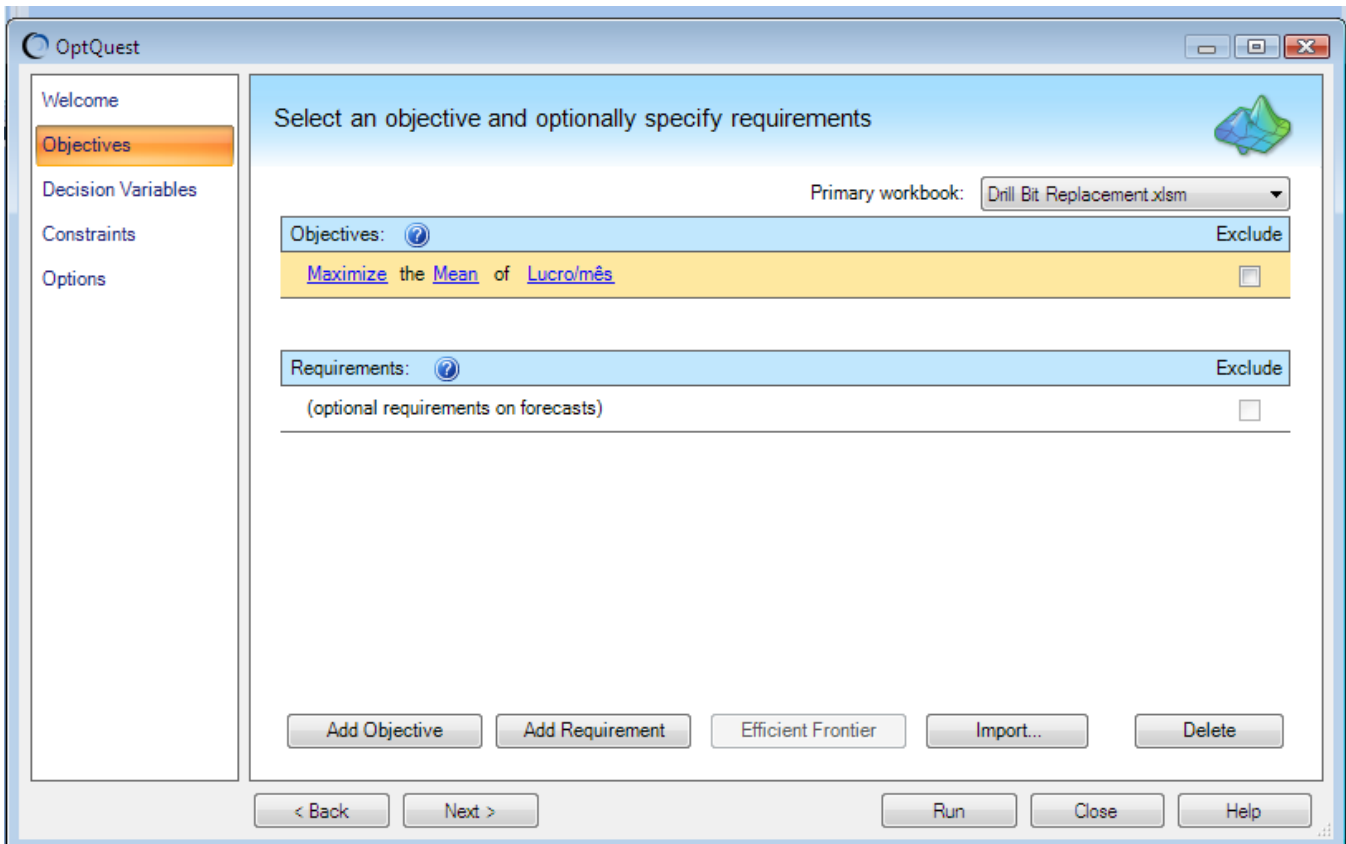
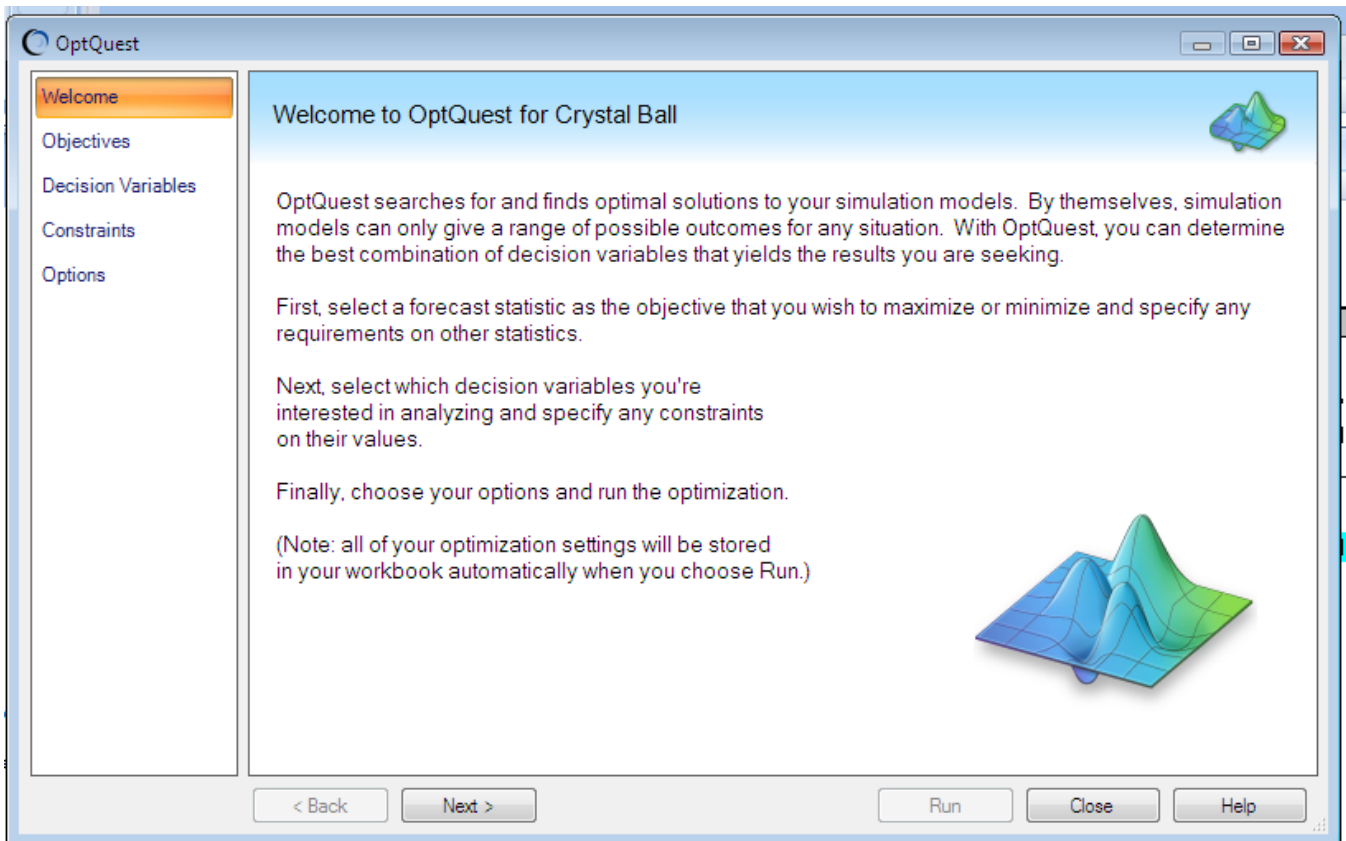
Binary (Yes-No)

Category (Nominal)

Custom:
(Example: 100; 200; 400)

OK Cancel Help

Inicie o *OptQuest* no grupo de ferramentas *Run* da guia do *Crystal Ball* e use o *OptQuest Wizard* para ver as configurações da otimização. O problema não tem restrições ou metas e um objetivo: maximizar o Lucro/mês médio.



OptQuest

Welcome
Objectives
Decision Variables
Constraints
Options

Review decision variables and change properties as necessary

Show cell locations

Decision Variables	Lower Bound	Base Case	Upper Bound	Type	Step	Freeze
Tempo do ciclo de troca das brocas (...)	1,00	30,00	50,00	Continuous		<input type="checkbox"/>

< Back Next > Run Close Help

OptQuest

Welcome
Objectives
Decision Variables
Constraints
Options

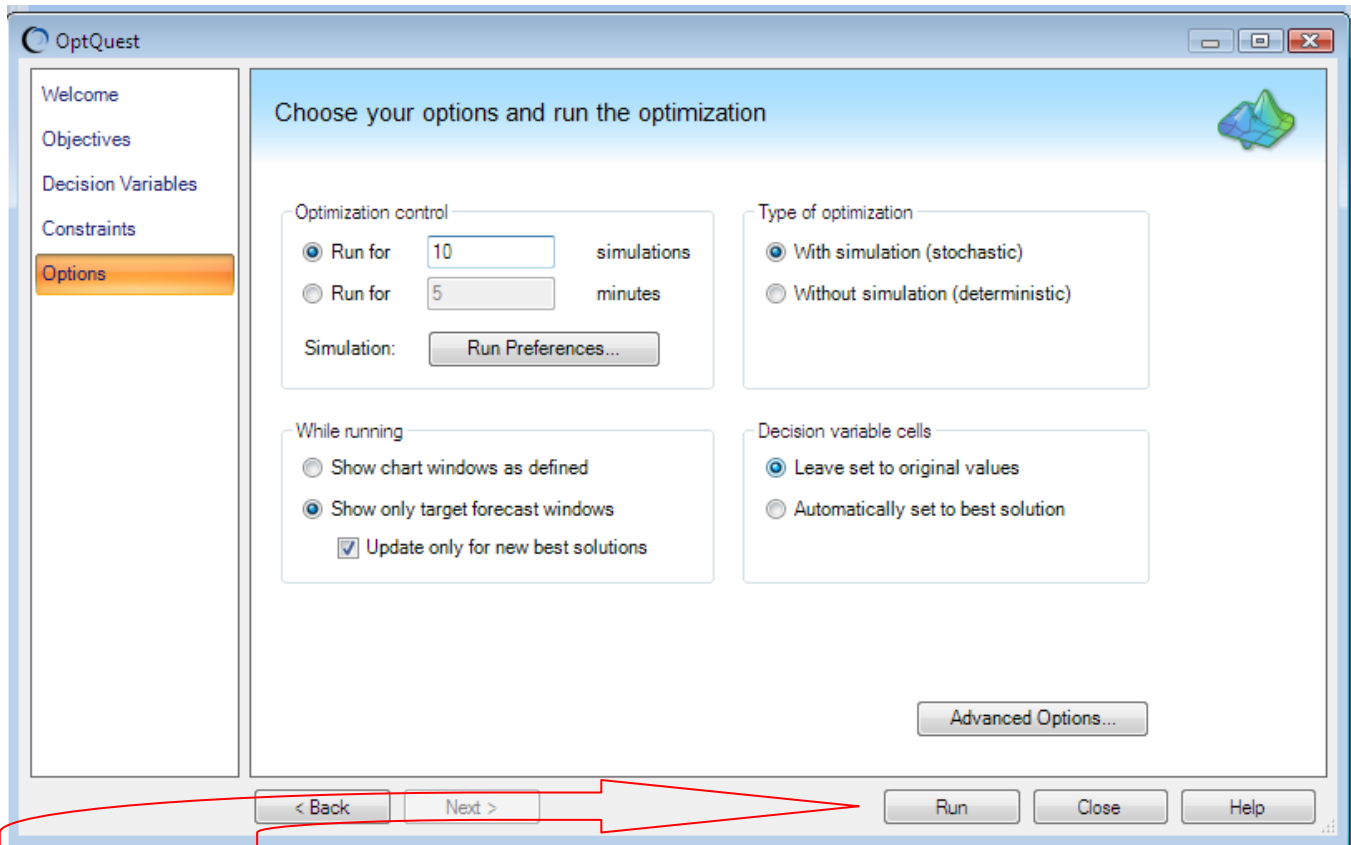
Optionally, specify constraints on the decision variables

Advanced entry

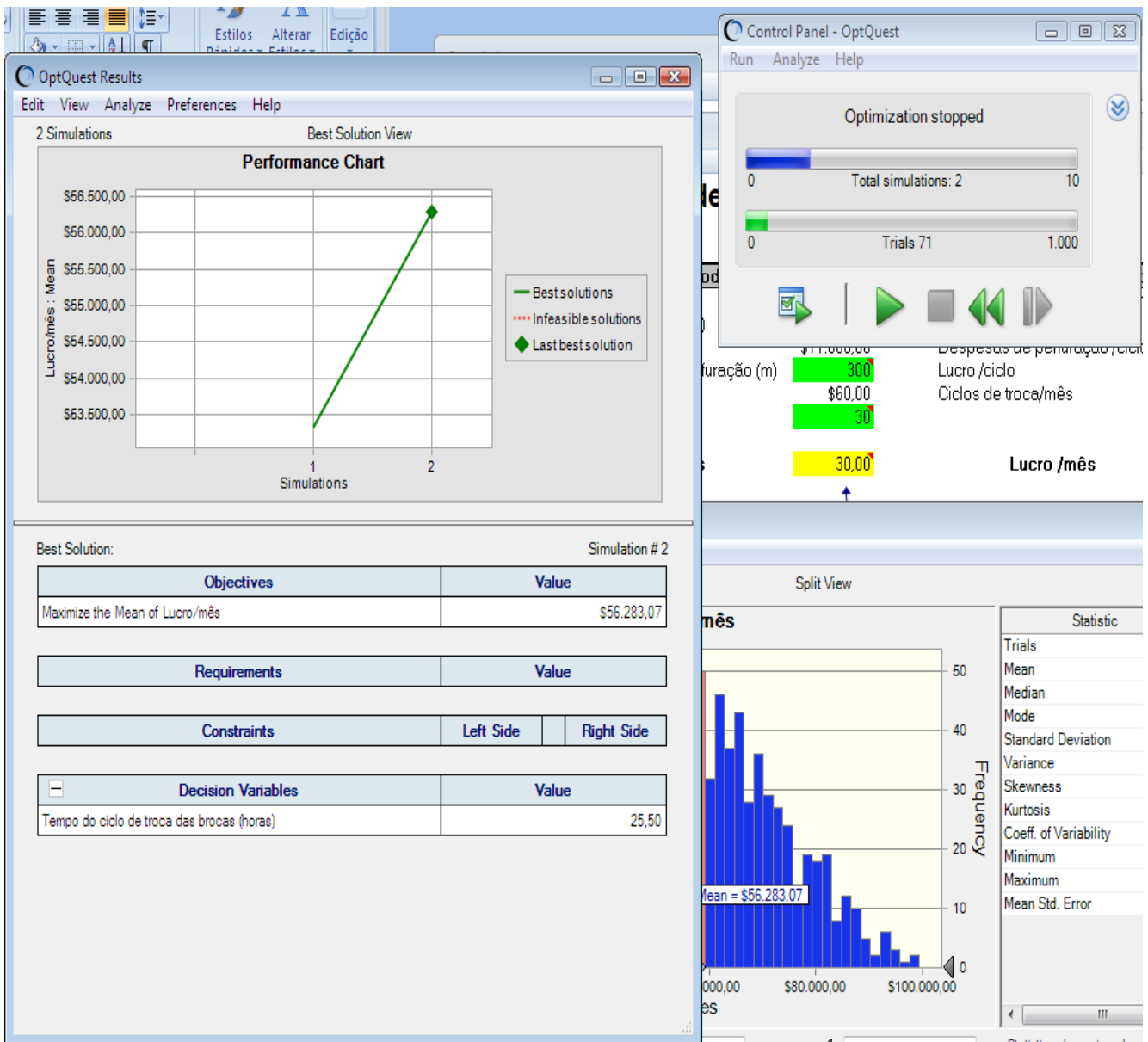
Constraints	Type	Exclude
> (optional constraints on decision variables)		<input type="checkbox"/>

Add Constraint Add Comment... Efficient Frontier Delete

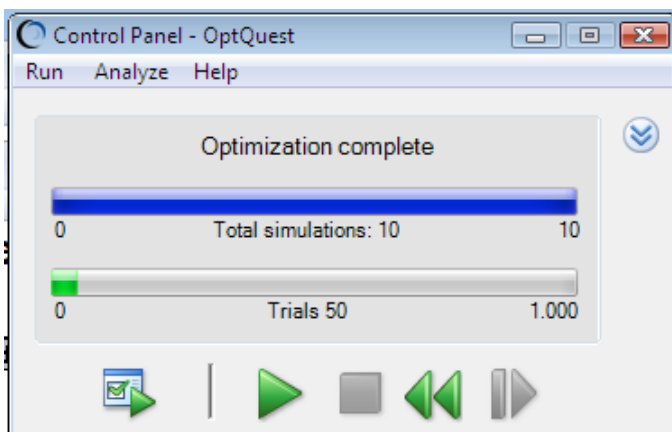
< Back Next > Run Close Help



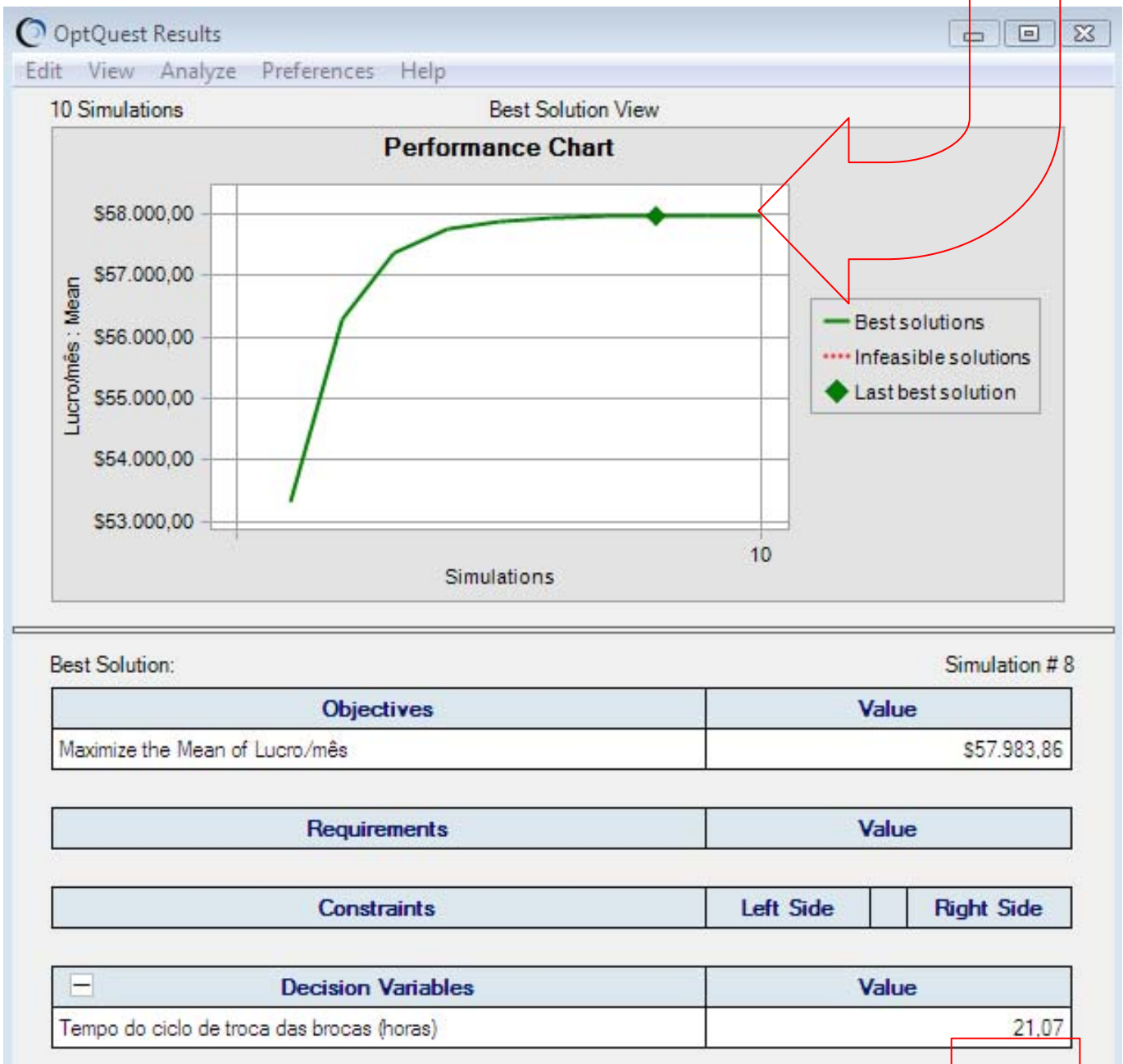
Execute a otimização. Para cada otimização, o *OptQuest* seleciona um novo valor dentro de um intervalo definido da variável de decisão (p.ex., 25,50 horas) e roda uma simulação do Crystal Ball (p.ex., 1000 trials).



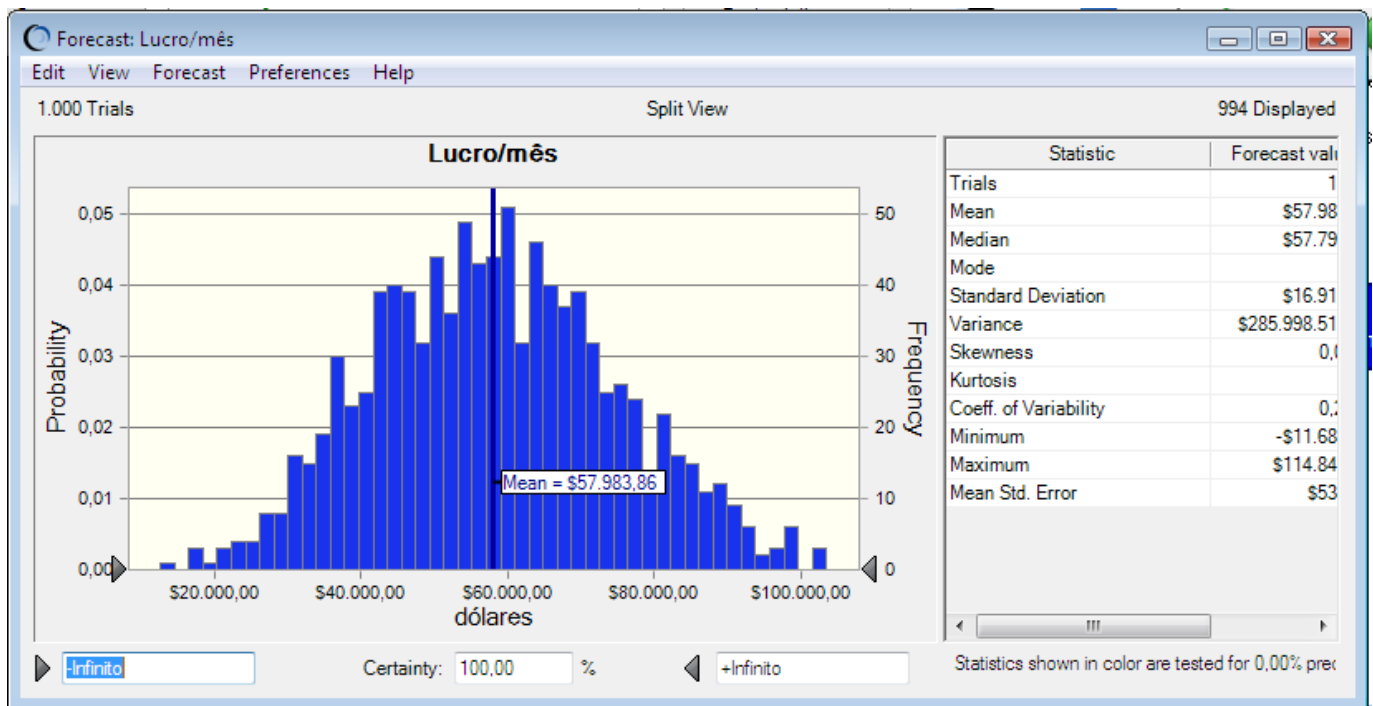
O *OptQuest* então salva o valor do **Lucro/mês** médio e executa uma outra simulação com um novo valor da variável de decisão. O *OptQuest* repete este processo, procurando pelo melhor valor do **Lucro/mês** médio. Enquanto o *OptQuest* roda, ele usa métodos metaheurísticos múltiplos e técnicas para analisar os resultados passados e melhorar a qualidade e velocidade do seu processo.



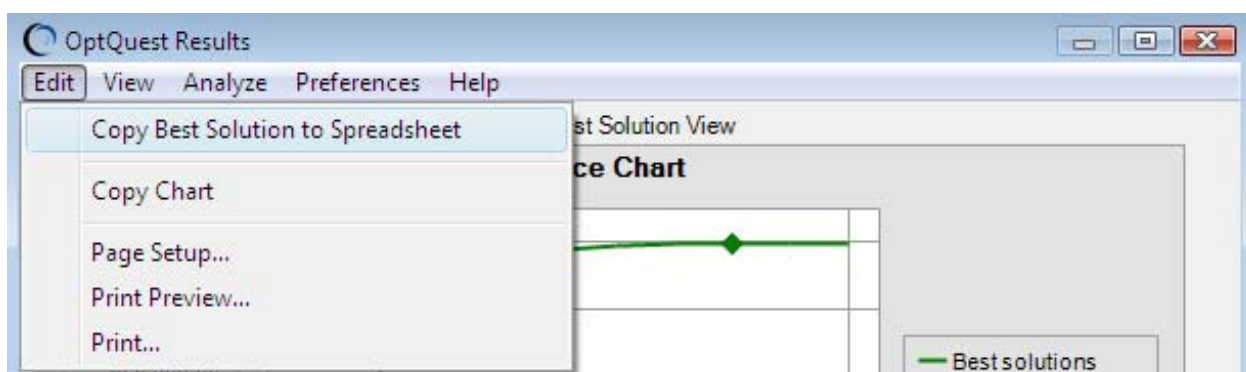
Você pode observar o progresso do *OptQuest* através do gráfico de performance, que mostra uma linha horizontal quando ele convergir para um resultado ótimo.



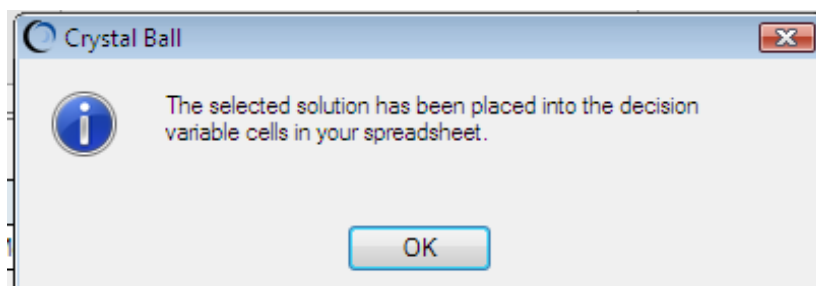
Qual é o melhor Tempo entre trocas que resulta no maior Lucro/mês?



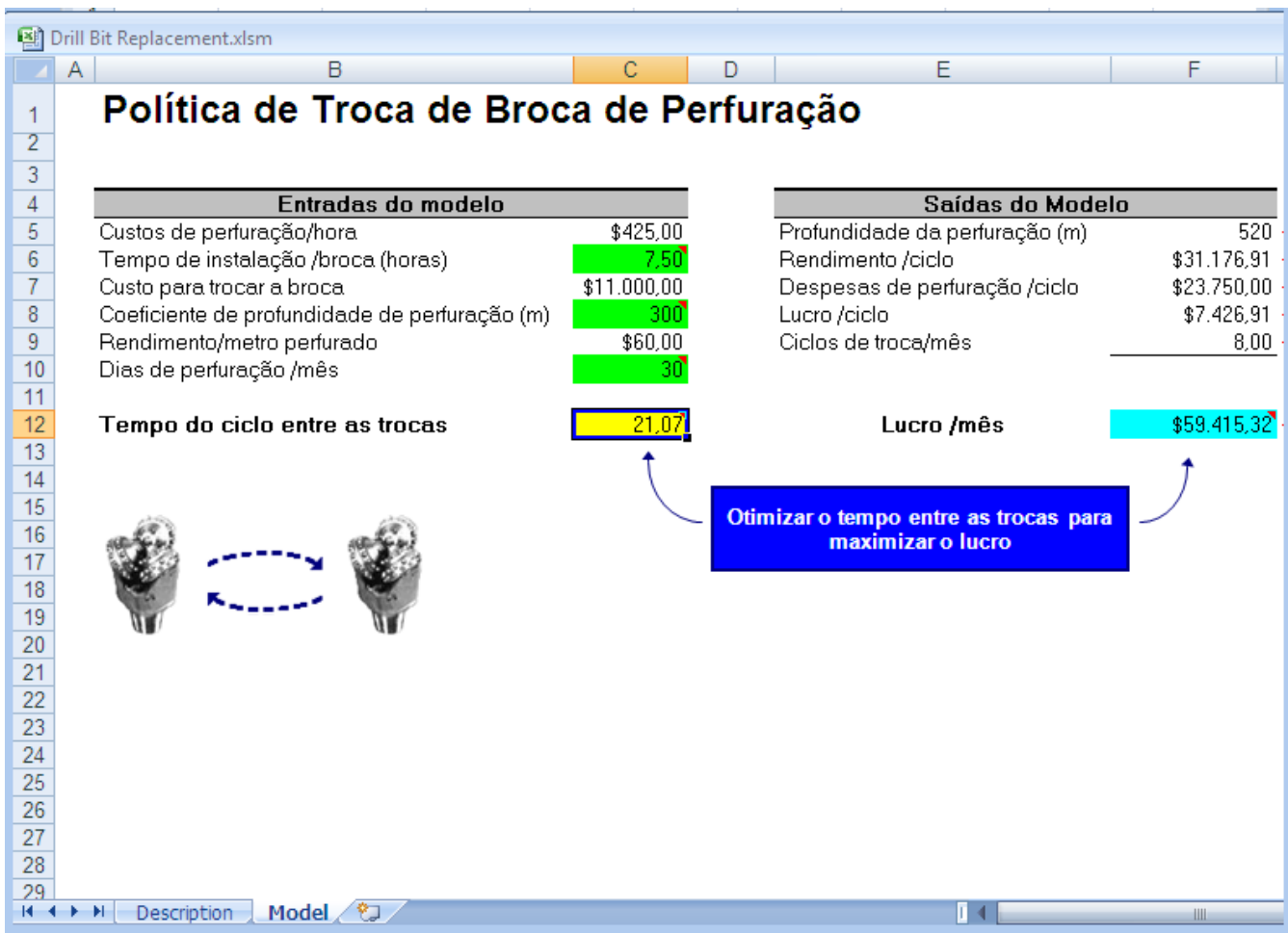
Uma vez terminado o OptQuest, você pode copiar os resultados ótimos de volta para a sua planilha através do Copy Best Solution to Spreadsheet da guia Edit da janela *OptQuest Results*.



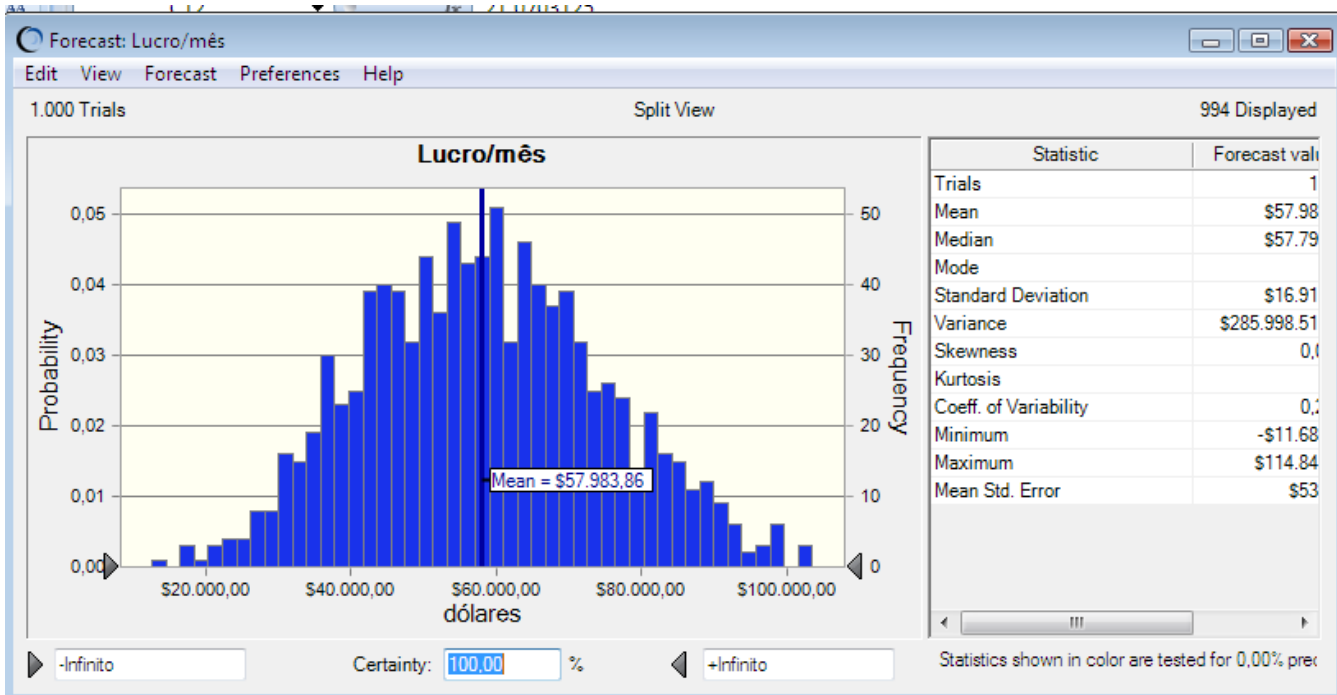
Aparecerá uma caixa de informação dizendo que a solução selecionada foi trocada na célula da variável de decisão de sua planilha:



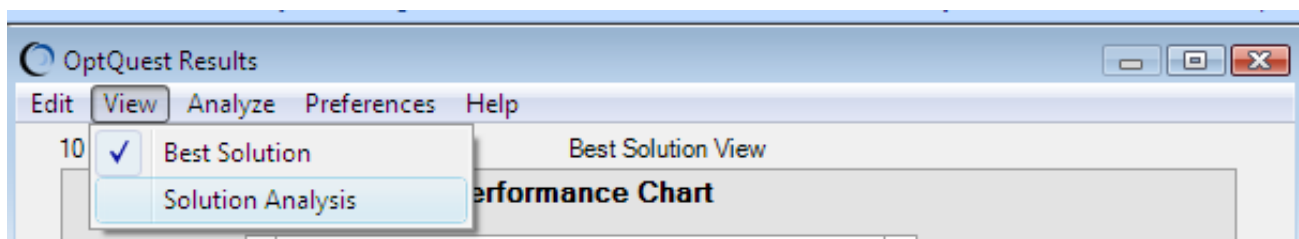
Sua planilha agora mostra o ciclo de tempo ótimo,



e o Crystal Ball mostra o *forecast chart* para a simulação da execução ótima.



Você pode usar a ferramenta Solution Analysis do OptQuest



para rever outros ciclos de tempo que resultaram nos valores altos do Lucro/mês.

The screenshot shows the 'OptQuest Results' window in 'Solution Analysis View'. It displays 10 total solutions, with 1 displayed. The table below shows the top solution (Rank 1, Solution # 8) with an objective value of \$57,983.86 and a decision variable value of 21.07. Below the table, there are statistics for the objective and decision variables, and options to filter the displayed solutions.

Rank	Solution #	Objective	Decision Variables
		Maximize Mean Lucro/mês	Tempo do ciclo de troca das brocas (ho...
1	8	\$57.983,86	21,07

Statistics:

Statistic	Objective	Decision Variables
Minimum	\$57.983,86	21,07
Mean	\$57.983,86	21,07
Maximum	\$57.983,86	21,07
Std. Dev.	---	---

Show the best:

- 15 solutions
- 5 % of solutions
- All feasible solutions (10)
- New best solutions (8)

Include:

- Feasible solutions (10)
- Infeasible solutions (0)

Exercício prático

Para se ajustar às planilhas de perfuração, o gerente do projeto propõe trocar a broca somente após perfurar no mínimo 450 metros. Defina um *forecast* para a profundidade de perfuração (célula F5), especifique um *requirement* no *OptQuest* que o 10º percentil da profundidade de perfuração deva ser maior que 450, e determine o ciclo ótimo e o Lucro/mês médio que satisfaça esta meta.

Copyright and Contact Information

Copyright © 2004, 2007, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its affiliates. Other names may be trademarks of their respective owners.