

## DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA A ANÁLISE ECONÔMICA DE PLANTAS INDUSTRIAIS

Fabiany Bento da Silva <sup>1</sup>  
Sidinei Kleber da Silva <sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

Uma planta química é o conjunto de unidades processadoras (reatores, trocadores de calor, bombas, colunas de destilação, absorvedores, tanques etc.), integradas umas com as outras de maneira sistemática e racional. O objetivo global da planta é converter matérias-primas em produtos desejados, por intermédio do uso mais econômico das fontes de energia disponíveis (STEPHANOPOULOS, 1984).

O desenvolvimento de um processo industrial é uma atividade que requer várias etapas de desenvolvimento que devem ser analisadas cautelosamente de modo a garantir que o processo seja viável. A análise econômica é uma parte fundamental no desenvolvimento e planejamento de um processo. Mesmo antes do desenvolvimento do design da planta, o engenheiro de processos deve analisar se o processo é economicamente vantajoso, ou qual processo oferece maior lucratividade.

Conforme Turton et al. (2018) para obter uma estimativa de custo de uma planta química, os custos associados aos principais equipamentos devem ser conhecidos. A maneira mais precisa de estimar o custo de compra dos principais equipamentos é obtida pela cotação atual obtida por fornecedores de equipamentos. A outra opção é usar dados de compras anteriores. Caso nenhuma dessas alternativas seja viável, é possível estimar o custo de aquisição desses equipamentos pelo uso de gráficos disponíveis na literatura para diversos equipamentos.

A análise de custos e lucros para operação de qualquer empresa deve admitir o fato que qualquer bem físico diminui seu valor com o tempo. Essa diminuição ocorre devido a fatores como deterioração física, avanços tecnológicos, mudanças econômicas e outros fatores que fazem com que essas unidades se tornem obsoletas ou entrem em desuso. A redução do valor desses bens com o tempo pode ser medida pela depreciação (PETERS e TIMMERHAUS, 2003).

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [fabianybsilva@gmail.com](mailto:fabianybsilva@gmail.com);

<sup>2</sup> Professor Doutor do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [sidinei.silva@ufcg.edu.br](mailto:sidinei.silva@ufcg.edu.br);

Apesar de oferecer estimativas satisfatórias, a aplicação dos métodos de estimativa de custos de equipamentos industriais pode se tornar complexa de acordo com a quantidade de equipamentos que compõem a planta e demandar tempo. Uma solução para tal problema consiste no desenvolvimento de uma ferramenta que realize as estimativas de forma prática e simples de modo que permita o uso da ferramenta até mesmo para usuários não familiarizados com essas técnicas.

É possível encontrar alguns softwares que disponibilizam ferramentas de estimativa de custo dentro de seus pacotes. No entanto, o custo de aquisição dessas ferramentas pode ser caro e conseqüentemente inviável. Desse modo, vê-se a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta de uso prático e acessível.

## **METODOLOGIA**

O código para desenvolvimento da ferramenta foi construído usando da linguagem de programação C# na plataforma de desenvolvimento da *Microsoft*, o *Microsoft Visual Studio 2017*.

Para a aplicação dos métodos de estimativa de custo de equipamentos optou-se pelo uso das correlações encontradas em Seider et al. (2017) e Guthrie (1969). Foi construído rotinas que incluem os principais equipamentos industriais. Uma vez que o Método de Guthrie é um método gráfico optou-se por usar as equações dos gráficos fornecidos por Gutiérrez (2003) e os fatores de ajuste disponíveis no mesmo. Para o módulo de depreciação utilizou-se das relações fornecidas por Turton et al. (2018).

Utilizou-se o índice CEPCI divulgado periodicamente na *Chemical Engineering Magazine* para o ano de 2018 para atualização dos preços de acordo com o ano para o qual a estimativa é feita.

## **DESENVOLVIMENTO<sup>3</sup>**

### **ESTIMATIVA DO CUSTO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**

Um dos métodos de maior destaque entre os diversos métodos utilizados na precificação de equipamentos encontrados na literatura, é o método apresentado por Guthrie (1969). De acordo com esse método, a planta química é dividida em módulos de acordo com cada unidade

---

<sup>3</sup> O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, pela concessão da bolsa PIBITI/CNPq-UFCG.

de processamento. O custo total de um módulo é obtido a partir de um custo base modificado por uma série de fatores. Os principais fatores a serem mencionados é a capacidade do equipamento, pressão de operação, material de construção, design do equipamento e a inflação.

O método de Guthrie usa de gráficos que relacionam uma dimensão do equipamento a determinado custo base. Segundo Gutiérrez (2003), esse custo base considera aço carbono como material de construção, uma geometria base, pressão moderada e o ano base de 1968. Uma série de fatores ajustam o custo base às características do equipamento desejado.

Outro método preciso e satisfatório em seus resultados são as relações fornecidas por Seider et al. (2017), que se baseiam em relações obtidas por outros métodos. De forma semelhante ao método de Guthrie tem-se um custo base que é ajustado de acordo com as características do equipamento, tal como design, pressão de operação e material de construção.

## DEPRECIACÃO

No decorrer dos anos com o funcionamento da planta, devido a fatores como obsolescência e desgaste dos equipamentos, o valor da planta tende a diminuir com o tempo, essa despesa é chamada de depreciação. Para Towler e Sinnott (2012), a depreciação é uma cobrança não monetária relatada como despesa e que reduz a receita para fins de tributação.

As causas da depreciação podem ser físicas ou funcionais. A depreciação física está relacionada às mudanças físicas na propriedade. O desgaste devido aos usos diários, corrosão, acidentes ou mesmo a idade dos materiais. Outros tipos de depreciação são as depreciações funcionais. Um exemplo de depreciação funcional é a obsolescência, causada pelos avanços e mudanças tecnológicas. Perdas físicas são mais fáceis de ser contabilizadas, mas ao fazer o cálculo da perda por depreciação é necessário levar ambas as causas em conta (PETERS e TIMMERHAUS, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos e a ferramenta criada mostrou resultados satisfatórios. A ferramenta possibilita a estimativa de custo dos principais equipamentos industriais químicos fornecidos pelas correlações encontradas na literatura. A ferramenta permite então o cálculo do custo de trocadores de calor, colunas de destilação, evaporadores de ar, aquecedores de chama direta, bombas centrífugas, compressores, fornalhas de processo, ventiladores e pratos de coluna de destilação.

O usuário entra com as informações e especificações do equipamento que deseja estimar o custo como as dimensões do equipamento, material de construção, além de informações sobre o ano em que a estimativa é realizada.

Ao testar o módulo de depreciação o usuário entra com os dados de custo de investimento, que representa a diferença entre o investimento de capital fixo para construir a planta e o custo do terreno, o valor de salvamento, o tempo de vida dos equipamentos, para plantas de processos químicos é de aproximadamente 9,5 anos, e o ano em que deseja realizar o cálculo dos subsídios de depreciação que são os atributos do método. Além disso é possível escolher o método de depreciação sendo possível o método linear, soma dos dígitos dos anos e balanço declinante duplo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos pelos módulos desenvolvidos se mostraram eficientes e de fácil aplicação. Foram desenvolvidas rotinas para a estimativa de custo dos principais equipamentos industriais. Além da análise de depreciação de uma planta química com o tempo, em que o método se mostrou bem aplicado.

Com o módulo de estimativa de custo de equipamentos foi obtido estimativas para uma grande quantidade de equipamentos tomando como ano de referência o ano de 2018 (corrigindo assim a estimativa pelo índice CEPCI). Sendo estimado o custo de equipamentos industriais como trocadores de calor, vasos pressurizados, pratos de colunas de destilação, evaporadores, compressores e outros. Para o método de Guthrie foi considerado um acréscimo de 15% no custo final dos equipamentos por conta de possíveis contingências. É possível ainda a aplicação de outros métodos e a comparação entre quais métodos fornecem resultados mais precisos para determinados equipamentos.

Para o desenvolvimento de uma ferramenta mais completa é necessário a inclusão de módulos que estimam os custos e taxas associados a análise econômica da planta, tal como a análise dos custos de utilidades, taxas de investimento e custo de manufatura.

Para o aperfeiçoamento do módulo de análise econômica é possível incluir a análise de rentabilidade e a análise de sensibilidade.

**Palavras-chave:** Estimativa de Custo; Software, Análise Econômica.

## REFERÊNCIAS

GUTHRIE, K. M. **Data and techniques for preliminar capital cost estimating**. Chemical Engineering, 1969.

GUTHRIE K. M. **Process plant estimating evaluation and control**. Craftsman Book Company of America, 1974.

GUTIÉRREZ, A. J. **Diseño de processos em ingeniería química**. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 2003.

PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D. **Plant Design and Economics for Chemical Engineers**. 5. ed. Edição Internacional: Editora McGraw Hill, 2003.

PETLEY, G. J. **A method for estimating the capital cost of chemical process plants: fuzzy matching**. 184f. Tese de doutorado (Doutorado em Filosofia), Universidade de Loughborough, Loughborough, 1997.

TOWLER, G.; SINNOTT, R. **Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design**. 2. ed. Ed. Butterworth-Heinemann, 2012.

TURTON, R.; SHAEIWITZ, Joseph A.; BHATTACHARYYA, D.; WHITING, Wallace B.; **Analysis, Syntesis and Design of Chemical Process**. 5. ed. Ed. Prentice Hall, 2018.

SEIDER, W. D. et al. **Product and Process Design Principles, Synthesis, Analysis and Design**. 4 ed. Ed. Wiley, 2017.

STEPHANOPOULOS, G. **Chemical Process Control: An introduction to Theory and Practice**. 1. ed. PTR Prentice Hall, 1984.