

# SUBSTITUIÇÃO DE MISTURADOR DINAMICO POR MISTURADOR ESTÁTICO PARA HOMOGENEIZAÇÃO DE SOLUÇÕES

**BEGHINE, P. Samuel; ROSA, Jorge**

Email: [samucabeghine@gmail.com](mailto:samucabeghine@gmail.com)

Centro de Pós-Graduação Osvaldo Cruz

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo apresentar um exemplo de sucesso da substituição de um misturador dinâmico por um misturador estático com ganhos significativos de produtividade. Além de destacar a importância da automação, mostra-se ainda no exemplo que ao ampliar Instalações Industriais os projetistas não devem simplesmente aumentar a capacidade dos equipamentos, há que procurar outras maneiras de fazer o mesmo produto.

**Palavras-chave:** Misturador Estático. Misturador Dinâmico.

**Abstract:** A dynamic mixer replacing by a static mixer, followed by automatization improvements, was done successfully with significant capacity increasing and productivity gains. The increasing capacity was gotten not by greater equipments but by new way to make the same product.

**Keywords:** Static Mixer. Mixer Dynamic

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de atender aumento na demanda de seu produto levou o projetista da Unidade Industrial a estudar alternativas de processo que, além de garantir o aumento da capacidade, resultou em redução de custos de produção e de investimento.

Observou-se que a substituição de misturador dinâmico por misturador estático trouxe os referidos ganhos além de aumento na conformidade do produto.

Essa troca mais investimentos em automação levou a dobrar a capacidade de produção com redução de custos de produção expressivos, aproximadamente 70%, e “pay out” estimado em 3 meses.

É um exemplo de ganho atípico e, certamente este tipo de modificação não garante ganhos semelhantes em outros tipos de Unidades Industriais, mas mostra-se a seguir a importância de pesquisar continuamente novas formas de produção, com investimentos que levem ao ganho de competitividade.

## **2 TIPOS DE MISTURADORES**

### **Misturador Dinâmico**

Misturador Dinâmico ou reator de batelada é um tipo de vaso usado em processos industriais, dado que vasos deste tipo são usados para uma variedade de operações de processos tais como dissolução de sólidos, mistura de produtos, reações químicas, destilação em batelada, cristalização, extração líquido-líquido e polimerização.

Um típico reator de batelada consiste de um agitador e sistema integrado de aquecimento/resfriamento. Estes vasos podem variar em tamanho de menos de 1 litro a mais de 15 mil litros. São normalmente fabricados em aço carbono, aço inoxidável, aço revestido de vidro, vidro ou ligas exóticas. Líquidos e sólidos são normalmente carregados via conexões na cobertura do topo do reator. Vapores e gases também são descarregados através de conexões no topo. Líquidos são normalmente descarregados pelo fundo do tanque.

As vantagens de um reator de batelada residem em sua versatilidade. Um único vaso pode permitir uma sequência de diferentes operações sem a necessidade de interromper-se a continuidade da manutenção do conteúdo no mesmo vaso.

Agitação: o arranjo mais comum é um agitador com eixo de transmissão montado centralmente com uma unidade propulsora em cima. Lâminas do agitador são montadas no eixo. Uma grande variedade de desenhos de lâminas é usada e normalmente, as lâminas cobrem dois terços do diâmetro do reator. Quando produtos viscosos são manipulados, pás com forma de âncora são frequentemente usadas, as quais possuem uma folga estreita entre a lâmina e as paredes do vaso. (SENAI)

### **Misturadores Estáticos**

Os misturadores estáticos, também denominados misturadores de linha, são na verdade promotores de turbulência, sendo intercalados nas linhas de transporte por onde o sistema escoar. As distribuições longitudinais e transversais dos componentes a serem misturados podem ser obtidas por meio de elementos móveis dispostos de maneira conveniente no interior do misturador. Com misturadores estáticos, a homogeneização é atingida pelos elementos do misturador utilizando a própria energia de fluxo dos fluidos em escoamento, (Pahl & Muschelknautz (1982) apud Fernandes 2005).

Os misturadores estáticos têm construção extremamente simples; perda de carga relativamente pequena; dimensões globais reduzidas; e como vantagem adicional a possibilidade de agitar qualquer líquido corrosivo, pois tanto o corpo como enchimento podem ser construídos de qualquer material, (Gomide, 1997), Streif (1997), Pahl Muschelknautz (1982). Os autores destacam ainda outras vantagens: baixos custos de

investimento e manutenção, possibilidade de operação em processos contínuos, instalação compacta e baixos tempos de residência. (próximo a 1 segundo)

De acordo com Germain & Wetter (1982) apud Couvert et AL. (2006) os misturadores estáticos são usados largamente em operações industriais para homogeneização de líquidos ou gases e dispersão ou emulsificação com ou sem reação química em sistema gás-líquido. São adequados em processos envolvendo transferência de momentos, troca térmica e transferência de massa, conforme Boss & Czastkiwicz (1982).

Segundo Liu, Hrymak & Woold (2006) os misturadores estáticos operando em regime contínuo e com fluídos viscosos tem grande aplicação na indústria química destacando-se: processamento de polímeros, reações de polimerização, processamento de alimentos. São também muito utilizados na indústria farmacêutica e no tratamento de água. Junker et AL. (1994) apud Fernandes (2005) ressalta a utilização dos misturadores estáticos para processos biotecnológicos.

Ainda segundo Boss & Czastkiwicz (1982), os misturadores estáticos têm a vantagem de, por não contarem com partes móveis, não apresentam problemas de selagem e de rolamentos sendo habilitados a operar em uma ampla faixa de temperaturas, sob altas pressões e em ambientes químicos severos.

Há vários tipos de componentes, elementos de mistura para misturadores estáticos no mercado, os mais comuns são:

**Elemento de Mistura tipo SMX:** utilizado em regime de fluxo laminar, em mistura de líquidos de alta viscosidade, mistura e dispersão de líquidos com viscosidade significativamente diferentes e no controle de reação com pequeno tempo de residência. Permite mistura intensiva em pequenos comprimentos ou na menor capacidade volumétrica possível de misturador. Exemplo desse tipo de elemento de mistura pode se Figura 1



Figura 1- Elemento de mistura tipo SMX  
Fonte: SEMCO Equipamentos Industriais Ltda.

**Elemento de Mistura tipo SMV:** como mostrado na Figura 2 é utilizado principalmente em regime de fluxo turbulento, em aplicações tipo: mistura de líquidos de baixa viscosidade,

dispersão de líquidos imiscíveis, promover contato gases/líquidos para transferência de massa além de aplicações onde há necessidade de se misturar aditivos ou inibidores em fluxos líquidos ou gasosos.

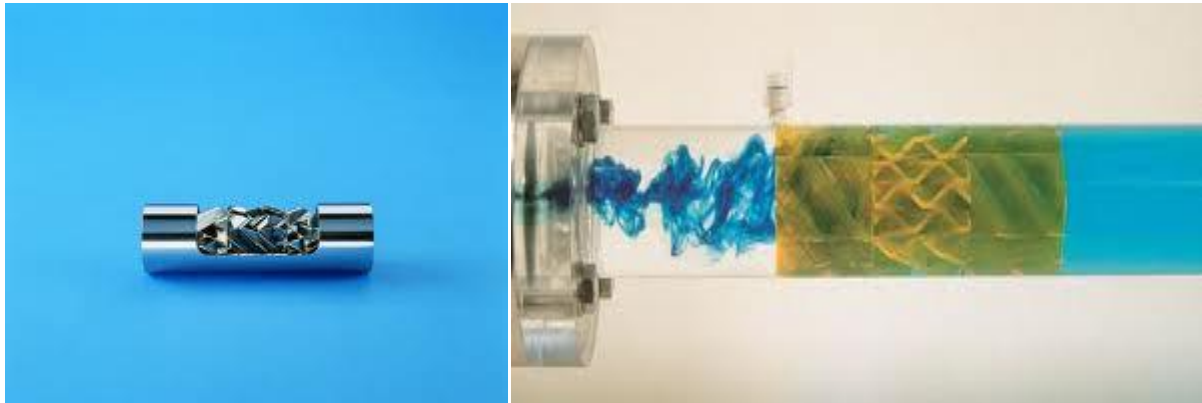


Figura 2 - Misturador tipo SMV  
Fonte: SEMCO Equipamentos Industriais Ltda.

**Elemento de Mistura tipo SMF:** especialmente desenvolvido para misturas contendo sólidos (inclusive fibras), garantindo desempenho confiável e o não entupimento. Dentre outras aplicações, estão inclusas misturas de floculantes químicos em depósitos de borra, mistura de produtos químicos em suspensão para a indústria de papel ou pedaços de frutas em alimentos viscosos. Além disso, sólidos podem ser homogeneizados em linha por gravidade. Exemplo desse tipo de elemento de mistura pode se Figura 3



Figura 3 - Misturador tipo SMF  
Fonte: SEMCO Equipamentos Industriais Ltda.

### **3 EXEMPLO DE SUBSTITUIÇÃO DE MISTURADOR DINAMICO POR MISTURADOR ESTÁTICO**

A seguir apresentamos exemplo pratico da substituição de misturador dinâmico por misturador estático realizado em Empresa de Produtos Químicos, aqui não identificada por questão de sigilo industrial com ganhos expressivos de capacidade e produtividade.

Antes da substituição, a unidade industrial operava com 2 misturadores dinâmicos (tipo reator), em batelada, com dois operadores por turno. Conforme diagrama de processo a seguir.

O produto era fabricado em duas etapas: Na primeira era preparada uma matéria-prima (**A**) dentro de um misturador dinâmico (reator); na segunda etapa, essa matéria-prima era enviada para um segundo reator para fazer uma nova homogeneização com outra matéria-prima (**B**) formando um produto (**C**) que após homogeneização era bombeado para tanque final.

Este tipo de homogeneização em reator consumia muita energia e exigia um longo tempo de processamento além de altos custos com manutenção e operação, veja exemplo do fluxograma na figura 4

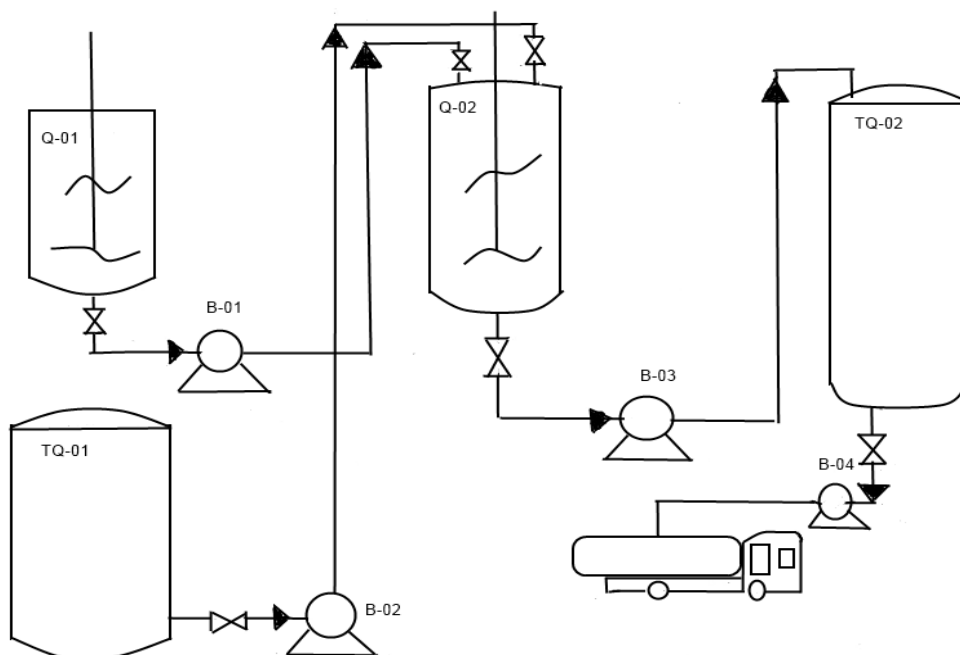


Figura 4 - Fluxograma de Processo de Homogeneização por Misturadores Dinâmicos  
Fonte: Empresa detentora do processo

Com um total de 9 a 12 operadores ao custo mensal aproximado de R\$ 80.000,00 a 100.000,00, acrescido do custo mensal de energia elétrica na faixa de R\$ 25.000,00 a 30.000,00 para produção de 200 toneladas mensais.

Com a demanda em alta, era necessário dobrar a capacidade de produção e com previsão futura de atingir 3 vezes a produção atual. Porém, como a Unidade Industrial já estava trabalhando no limite da capacidade instalada, seria necessária a troca dos dois reatores por outros de volumes bem maiores, com investimento estimado em R\$ 1.000.000,00

A partir dessas informações, decidiu-se por estudar alterações de processo. A melhor opção identificada foi à substituição de um dos misturadores dinâmicos (reator) por um misturador estático e a automação parcial da Unidade Industrial com a instalação de

medidores de vazão que permitem melhor controle na proporção da mistura, conforme diagrama de processo a seguir, figura 5.

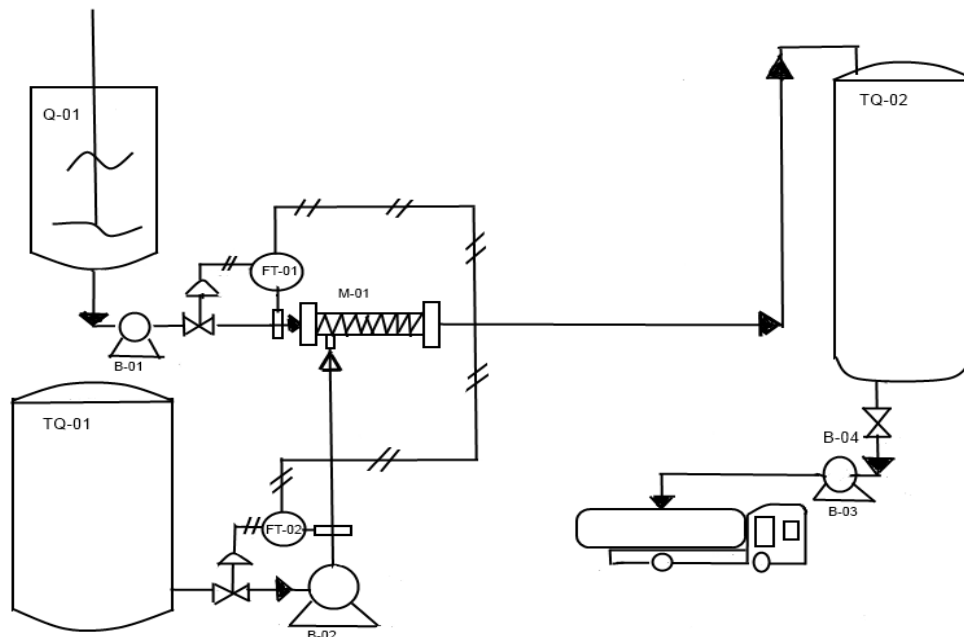


Figura 5 - Fluxograma de Processo de Homogeneização com Misturador Estático  
Fonte: Empresa detentora do processo

O custo do investimento foi significativamente menor (entre R\$ 130.000,00 e 170.000,00), com capacidade de produção de 400 toneladas mensais e com possibilidade de expandir para até 700 toneladas mensais.

Outro ganho significativo foi no custo operacional. A unidade passou a operar com apenas 1 operador por turno, num total de 5 operadores, e com mensais de energia elétrica que não ultrapassam R\$ 15.000,00.

O custo de produção do produto por batelada passou de valores que oscilavam entre R\$ 400,00 e 600,00 para uma faixa de R\$ 110,00 a 140,00. Em apenas três meses de produção, todo o investimento na instalação do misturador estático e na automação da planta foi amortizado. A automação da Unidade melhorou o índice de conformidade do produto passando de 98% para 100%.

## 4 CONCLUSÃO

No caso específico, o misturador estático mostrou-se uma excelente opção técnica, visto os resultados obtidos na redução com os custos de pessoal e energia elétrica com investimento significativamente menor ao simples aumento proporcional dos equipamentos existentes.

Facilidades de montagem baixo custo de manutenção foram outros ganhos adquiridos nesta opção.

Mas o exemplo mostrou a importância dos projetistas “pensarem fora da caixa”. Aumentar capacidade não é simplesmente aumentar proporcionalmente os equipamentos, mas procurar outros modos de “fazer”.

## REFERÊNCIAS

BOSS, J. E CZASTKIWCZ, W., Principles of scale-up for laminar mixing processes of Newtonian fluids in static mixer, *International Chemical Engineering*, 22, n —, PP 362-367, 1982.

COULSON, J.M.; RICHARSON, J.F. **Chemical engineering: fluid flow, heat transfer and mass transfer.** 6 ed. Great britterworth- Heinemann, 1999. (volume 1).

COUVERT , A., SANCHEZ, C.,CCHARRON, I., LAPLANCHE, A. RENNER, C. 2006. Static mixers with a gas continuons phase ( Review). *Chemical Engineering Science* n 61 p. 3429-3434.

GOMIDE, Reynaldo: Operações unitárias: Operações com fluidos, volume II, 2ª parte, SP. (1997)

GERMAIN, E., WETTER, R., 1982. Mélange statique de gaz. *Informations Chimie* 232, 135-139.

JUNKER, B. H., SEAMANS, T.C., RAMASUBRAMANYAN, K., AUNINS, J., PAUL, E. E BUCKLAND, B.C., Cultivation of attenuated A virus antigen in a titanium static mixer reactor, *Biotechnol, BioEngng*, 44, 1314- 324, 1994.

LIU, Shiping., HRYMAK, Andrew N., WOOD, Philip E., 2006. Laminar mixing of shear thinning fluids in a SMX static mixer. *Chemical Engineering Science* n 61 p. 1753- 1759.

PAHL, M. H. E MUCHELKNAUTZ, E., Static mixer and their applications, *International Chemical engineering*, 22, no —, pp 197 a 205, 1982.

STREIF, F. In-line dispersion and mass transfer using static mixing equipment. *Sulzer technical Review* 1977, 3, 108-113.

SEMCO Equipamentos Industriais Ltda. <http://www.semcoequipamentos.com.br> acesso em 01/08/2101

SENAI-Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.