

Catalisadores Granulado:

"Catalisadores granulados" são catalisadores que vêm na forma de pequenos grânulos ou partículas sólidas, em vez de pó fino ou peças grandes. Eles são muito usados em processos industriais, especialmente onde é importante equilibrar **superfície de contato** e **facilidade de manuseio**.

Esses catalisadores granulados têm algumas vantagens:

- **Maior área superficial** em comparação a peças sólidas, o que melhora a eficiência da reação.
- **Menor risco de perda de material** por dispersão (em comparação com catalisadores em pó).
- **Facilidade de carregamento e descarregamento** de reatores.
- **Menor perda de carga (pressão)** no fluxo de gases ou líquidos nos reatores, porque o formato granuloso permite melhor circulação.

Eles são usados em processos como:

- **Refino de petróleo** (craqueamento catalítico),
- **Produção de amônia** (síntese de Haber-Bosch),
- **Fabricação de plásticos** (polimerização com catalisadores tipo Ziegler-Natta),
- **Tratamento de gases** (remoção de poluentes, como NOx ou SOx).

Os grânulos geralmente têm tamanhos controlados (frações de milímetro até alguns milímetros) e podem ser feitos de sílica, alumina, zeólitas, metais impregnados, entre outros materiais.

Perfeito! Vamos detalhar tudo sobre **catalisadores granulados**:

✓ Como é produzido:

A produção de catalisadores granulados envolve várias etapas, que podem variar conforme o tipo de catalisador e a aplicação final, mas geralmente seguem um fluxo como este:

1. **Preparação da matriz (suporte):**
 - Um material base (como alumina, sílica, zeólita, carbonato) é preparado.
2. **Impregnação ou mistura de metais ativos:**
 - Elementos como platina (Pt), níquel (Ni), cobalto (Co), molibdênio (Mo) ou outros catalisadores ativos são incorporados na matriz. Pode ser por impregnação (absorção) ou por mistura física.
3. **Formação dos grânulos:**

Existem várias técnicas:

 - **Spray drying** (secagem por pulverização) — cria microgrânulos rapidamente.
 - **Extrusão e esferonização** — pasta moldada e cortada em partículas.
 - **Pelotização** — formação de pequenas pelotas a partir de pó úmido.

4. **Secagem e calcinação:**

- O material é seco (retirando a água) e calcinado em altas temperaturas (às vezes $>500\text{ }^{\circ}\text{C}$) para ativar o catalisador e dar resistência mecânica.

5. **Ativação (opcional):**

- Em alguns casos, o catalisador precisa ser reduzido ou tratado quimicamente antes do uso.
-

Onde é produzido:

- **Grandes centros produtores** de catalisadores granulados incluem:
 - **Estados Unidos** (empresas como BASF, Albemarle, W.R. Grace).
 - **Europa** (França, Alemanha, Itália – exemplos: Johnson Matthey, Haldor Topsoe).
 - **China** (grande crescimento recente).
 - **Brasil** (fornecedores como FCC S.A. e empresas ligadas ao setor de petróleo e químico).

Locais típicos de produção:

- Fábricas especializadas em catalisadores,
 - Plantas de produtos químicos finos,
 - Instalações de empresas petroquímicas.
-

Vantagens do uso:

- **Alta área superficial:** ótimo para reações rápidas e eficientes.
 - **Resistência mecânica:** suporta desgaste em processos contínuos (leitos fixos, reatores fluidizados).
 - **Facilidade de manuseio e transporte:** não gera muita poeira (ao contrário de catalisadores em pó).
 - **Fluxo de processo otimizado:** o formato granular favorece a passagem de líquidos ou gases (menor queda de pressão).
 - **Possibilidade de regeneração:** alguns podem ser reativados e reutilizados.
-

Desvantagens:

- **Custo de produção:** a granulação e tratamento térmico encarecem em relação a pó simples.
- **Atividade um pouco menor:** comparado a catalisadores em pó ultra-finos (menos área superficial específica).
- **Problemas de desgaste:** em processos muito agressivos, os grânulos podem se quebrar (formando finos, que prejudicam o processo).
- **Menor flexibilidade de uso:** alguns reatores muito pequenos ou de laboratório preferem formas em pó.

Vamos ver alguns **exemplos práticos** de onde **catalisadores granulados** são usados no dia a dia da indústria:

■ 1. Craqueamento catalítico em refinarias (FCC - *Fluid Catalytic Cracking*)

- **O que é:**
Quebra de moléculas grandes do petróleo (como o óleo pesado) em produtos mais leves (como gasolina e gás).
 - **Como o catalisador granulado é usado:**
 - São usados grânulos de zeólita impregnados com metais.
 - Trabalham em **reatores de leito fluidizado**, onde o gás levanta os grânulos e mistura tudo como se fosse um "líquido".
 - **Por que granulados:**
Alta resistência à abrasão e fácil regeneração (eles queimam a sujeira no regenerador e continuam funcionando).
-

🚗 2. Catalisadores automotivos (em conversores catalíticos)

- **O que é:**
Redução de gases poluentes do escapamento (como CO, NOx e hidrocarbonetos).
 - **Como o catalisador granulado é usado:**
 - Embora o interior seja um **monólito cerâmico** (tipo uma colmeia), o **revestimento ativo** que é aplicado na colmeia vem de catalisadores produzidos em forma de grânulos finíssimos (em forma de "washcoat").
 - **Por que granulados:**
Oferecem alta superfície ativa e aderem melhor às estruturas internas do catalisador.
-

□ 3. Produção de amônia (processo Haber-Bosch)

- **O que é:**
Produção de NH₃ (amônia) a partir de hidrogênio e nitrogênio para fertilizantes.
 - **Como o catalisador granulado é usado:**
 - Níquel ou ferro são moldados em grânulos porosos.
 - Os gases passam por um leito de grânulos catalisadores sob alta pressão e temperatura.
 - **Por que granulados:**
Mantêm a resistência em condições super severas (250–300 atm e 400–500°C).
-

✿ 4. Tratamento de gases industriais (remoção de poluentes)

- **O que é:**
Limpeza de gases emitidos por fábricas (NOx, compostos orgânicos voláteis - COVs).
 - **Como o catalisador granulado é usado:**
 - Catalisadores de vanádio ou molibdênio em forma de pellets/grânulos.
 - Instalados em filtros ou leitos fixos.
 - **Por que granulados:**
Suportam bem o fluxo de ar e partículas sólidas sem entupir.
-

□ **5. Produção de produtos químicos (ex: polietileno, polipropileno)**

- **O que é:**
Produção de plásticos.
 - **Como o catalisador granulado é usado:**
 - Catalisadores tipo **Ziegler-Natta** (base de $TiCl_4$) são usados em grânulos para polimerização.
 - **Por que granulados:**
Controlam melhor a forma e o tamanho dos polímeros produzidos.
-