

## A Granulação de Materiais

**Laudo José Landi Bernardes\***

*GranTec Tecnologias Para Homogeneização e Granulação de Materiais*

*Rua Serra Azul, 308, 13413-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil*

*\*e-mail: granula@uol.com.br*

**Resumo:** A granulação é o processo pelo qual partículas de pó muito finas se aderem entre si para a formação de uma partícula maior, que na realidade são multi-partículas denominadas de grânulos. Dependendo da aplicação desejada, esses grânulos podem se situar em tamanhos que variam de 0,2 mm até 20 mm ou mais. Esse processo é muito utilizado nas indústrias de fertilizantes, farmacêuticas, alimentícias, químicas, siderúrgicas, mineração e produtos cerâmicos. Normalmente, a granulação começa depois de uma mistura, via seca ou via úmida, dos ingredientes pulverizados ou não, de tal forma que esses componentes alcancem uma distribuição uniforme dentro da mistura (homogeneização). A massa granulada, após sofrer um processo de secagem e classificação granulométrica, pode ser utilizada diretamente como produto final (adubos, medicamentos, alimentos, rações para animais etc) ou como uma forma intermediária, dentro do processo industrial, para a obtenção de outros produtos. Por exemplo, uma massa granulada com um certo teor de umidade pode ser compactada dentro de um molde para formar uma pastilha medicamentosa ou então um revestimento cerâmico.

**Palavras-chave:** *granulação, métodos, mecanismos*

### 1. Razões para Granulação

#### 1.1. Prevenir segregação dos componentes da mistura

A segregação pode ocorrer devido a diferenças nos tamanhos de partículas ou densidades de componentes da mistura. Geralmente, partículas menores e/ou mais densas se concentram na base de um recipiente, sendo que as partículas maiores e/ou com menor densidade se concentram no topo desse mesmo recipiente.

Uma granulação ideal conterá todos os componentes da mistura na proporção correta em cada grânulo, dificultando a segregação dos ingredientes (Figura 1).

Também é muito importante controlar a distribuição do tamanho dos grânulos, pois, embora os componentes individuais não apresentem segregação, se ocorrer uma larga distribuição granulométrica na massa granulada, pode ocorrer segregação.

Se isto acontecer nos equipamentos que fazem o enchimento de moldes para a prensagem de pisos cerâmicos, resultarão produtos com grandes variações de peso e espessura.

Isto porque estas máquinas são controladas e fazem o enchimento através de volume em lugar de peso. Se regiões diferentes no silo de armazenamento (ou no alimentador do equipamento) apresentarem grânulos de tamanhos diversos -provavelmente com densidades diferentes - um determinado volume em cada região vai conter um peso diferente de grânulos.

#### 1.2. Melhorar propriedades de fluidez da mistura dos pós

Muitos pós, devido a seu tamanho pequeno, forma irregular ou características de superfície, são muito aderentes (coesivos) e não permitem uma boa fluidez.

Baixa fluidez resultará, freqüentemente, numa variação de peso indesejável no produto final (influenciando a densidade aparente de prensagem), devido ao abastecimento variável dentro dos moldes na produção de revestimentos cerâmicos.

A granulação da mistura desses pós, em determinadas faixas granulométricas, permite uma melhoria significativa nas propriedades de fluidez desses materiais.

#### 1.3. Melhorar as características de compactação da mistura dos pós

Alguns pós, ou misturas de pós, são difíceis de compactar, mesmo quando um bom aditivo (adesivo ou ligante) é incluído na mistura. Porém, grânulos desses pós ou misturas de pós são, freqüentemente, mais facilmente compactados e produzem peças mais resistentes.

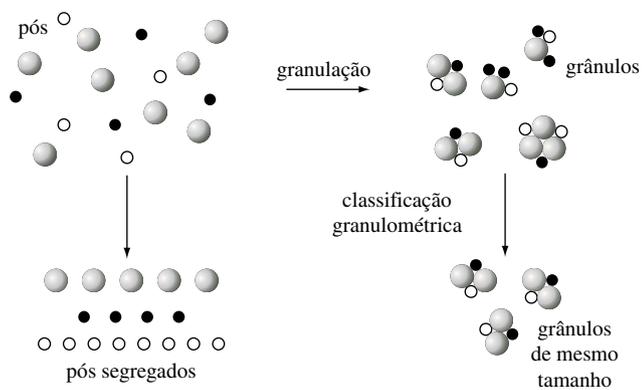
Essa propriedade está associada com a distribuição do adesivo dentro do grânulo e em função do método empregado para produzir o grânulo.

Geralmente, ocorre uma migração de aditivos (água, por exemplo) após a granulação, durante o processo de “descanso” dos grânulos, resultando numa camada exterior (no grânulo) rica em aditivo ligante.

Isto conduz, na compactação dos granulados, a um contato direto entre ligantes (camadas externas) o que ajuda na compactação desses materiais.

Outras razões:

1. Granulação de materiais tóxicos pode reduzir o perigo associado com a geração de pós tóxicos, principalmente na manipulação dos mesmos. Evidentemente que precauções devem ser tomadas durante o processo de granulação (enclausuramento do equipamento) e devem ser obtidos grânulos não friáveis e com boa resistência mecânica;
2. Materiais que são ligeiramente higroscópicos podem aderir (grudar) e formar grumos dentro de silos de armazenamento. A granulação pode reduzir este perigo, grânulos podem absorver menos umidade e continuarem com uma boa fluidez, necessária para o prosseguimento do processo industrial; e
3. Grânulos, sendo mais densos que o pó ou mistura de pós que os originaram, ocupam menos volume por unidade de peso. Esse fator é muito conveniente em casos de armazenamento e transporte.



**Figura 1.** Granulação previne a segregação de pós. Fonte: GranTec Tecnologias.

## 2. Métodos de Granulação

Podem ser divididos em dois tipos: Via Úmida, que utiliza um líquido no processo e Via Seca, que não utiliza nenhum tipo de líquido.

Na maioria das formulações, além das matérias primas tradicionais, diferentes aditivos podem ser utilizados para proporcionar certas propriedades ou fatores que inibam (ou não) algumas importantes características durante o processo industrial. Pode-se citar plasticidade da massa granulada, boa compressibilidade, permeabilidade, facilidade de secagem, favorecimento da resistência mecânica, reatividade, coloração, entre outras.

Esses aditivos podem ser empregados na forma de pó, homogeneizados à massa ou diluídos na água utilizada para a granulação

## 3. Granulação via Seca

A granulação de partículas ocorre através de altas pressões. Há dois processos principais:

### 3.1. Prensagem

Uma mistura de pós é compactada dentro de um molde por uma prensa, formando um briquete.

### 3.2. Rolos compactadores

A mistura de pós é comprimida entre dois rolos para produzir uma folha laminada de material (escamas).

Em ambos os casos, no passo seguinte, utilizam-se técnicas de desintegração desses materiais compactados (procedimentos de moagem) para a obtenção de grânulos que, normalmente, são peneirados (classificação granulométrica) para separar a fração de tamanho desejada. O material, fino e indesejado, via de regra, retorna ao processo de mistura e compactação.

Esse método, por via seca, é utilizado para formulações de produtos que não comprimem bem após a granulação via úmida ou quando as formulações são sensíveis à umidade.

## 4. Granulação via Úmida

Esse método envolve a aplicação de um líquido sobre o pó, ou mistura de pós secos, resultando numa massa úmida ou em grânulos com uma adequada umidade.

Na maioria dos processos, o líquido utilizado é água, podendo ser empregado o álcool etanol ou isopropanol, até uma combinação destes. Obviamente, esse líquido não pode ser tóxico, ou incompatível com a formulação, e deve ser volátil o suficiente para ser removido facilmente em um processo de secagem.

O líquido de granulação pode ser usado sozinho ou, mais comumente, com aditivos dissolvidos em seu meio – *binder* – (também

chamado de adesivo, ligante ou agente de ligação) e que são utilizados para promover uma adesão entre as partículas quando ocorrer a secagem dos grânulos.

Solventes orgânicos são utilizados quando as formulações processadas são sensíveis à água, como uma alternativa da granulação via seca, ou quando necessita-se de um tempo de secagem muito rápido.

No método de granulação via úmida tradicional, a massa umedecida é forçada através de uma peneira (malha) para produzir grânulos úmidos, que posteriormente sofrem o processo de secagem. Então, uma classificação granulométrica é realizada para separar os tamanhos de grânulos desejados; os grânulos rejeitados podem ser reutilizados no processo.

A massa úmida deve ser suficientemente plástica e rígida para formar grânulos distintos.

Se líquido em excesso é adicionado, material na forma de macarrão pode ser formado. E se a mistura é muito seca, não ocorrerá a formação de grânulos.

Os grânulos obtidos podem ser coletados em bandejas e transferidos para um secador, com três desvantagens:

1. O tempo de secagem é longo;
2. **Materiais dissolvidos podem migrar para a superfície superior da massa granulada**, ocasionando uma remoção do solvente (geralmente líquido) somente na superfície mais externa da massa; e
3. **Grânulos podem se agregar devido à formação de pontes nos pontos de contato (dos grânulos).**

Após a secagem, é necessária uma desagregação dos aglomerados, que pode ser realizada através de peneiras rotativas ou vibratórias.

Um método alternativo é a utilização de secadores de leito fluidizado, que é bastante rápido, mantém os grânulos separados durante a operação (reduzindo ou inibindo os problemas de agregação), além de evitar a indesejada migração intergranular. Muito utilizado quando se requer uma umidade controlada no grânulo final, por exemplo, 6% de umidade na massa granulada para fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos.

As desvantagens desse processo tradicional de granulação são o tempo longo para obtenção do produto final, a necessidade de vários tipos de equipamentos e ferramentas, além da excessiva perda de massa gerada durante as transferências de fases do procedimento.

## 5. Granuladores de Alta Intensidade

Há varios equipamentos mas, basicamente, eles são compostos por uma cuba (recipiente) que possui um eixo central rotativo, que providencia a agitação central da massa e, na lateral da cuba, um ou mais pequenos agitadores (com três lâminas ou mais) que imprimem uma agitação muito intensa.

A homogeneização dos pós é obtida em poucos minutos através do funcionamento (a altas rotações) do eixo central e do agitador lateral.

O agitador lateral é desligado e o líquido é injetado, dentro do equipamento, diretamente na massa. O agitador central ligado providencia a dispersão do líquido dentro da massa seca.

Geralmente, o agitador lateral é acionado quando o material se torna úmido e sua função é desagregar essa massa úmida para a formação de uma massa granulada.

Quando a faixa granulométrica desejada é atingida, interrompe-se o processo e o produto é descarregado diretamente em uma peneira (que retém o material grosseiro indesejado) e segue para o secador de leito fluidizado ou diretamente para os silos de estocagem.

Para obtenção de grânulos mais esféricos o equipamento deve ser projetado para tanto.

A grande vantagem desse método é que a homogeneização de pós, adição de líquido e a granulação da massa são realizadas em poucos minutos e dentro de um único equipamento.

Porém, o processo precisa ser controlado com cuidado, pois devido à granulação intensiva da massa, grânulos de tamanhos satisfatórios (utilizáveis para o processo seguinte) podem se transformar, rapidamente, em grãos inutilizáveis, com a formação de um sistema conhecido como “*overmassing*”.

Portanto, além de dominar a reologia da massa granulada, é necessário utilizar um sistema de monitoramento satisfatório (tempos e métodos) para indicar o fim do processo de granulação, isto é, parar o processo quando a faixa granulométrica desejada é atingida. Esse processo é muito sensível às variações das matérias-primas (granulometria, umidade etc.), fato que pode ser minimizado com um bom controle de qualidade.

A introdução de aditivos (*binders*), via de regra, pode agregar características interessantes, tecnicamente, à massa granulada e ao produto acabado.

Nada impede, para certos processos industriais, que esse procedimento de granulação ocorra de forma contínua.

## 6. Granuladores de Leito Fluidizado

Granuladores de leito fluidizado são semelhantes, tanto no projeto de concepção como de operação, aos secadores de leito fluidizado.

As partículas de pó são injetadas no equipamento através de um fluxo de ar, ao mesmo tempo que o líquido, geralmente com aditivos, é borrifado diretamente no fluxo de pós, conforme desenho esquemático abaixo.

Ar aquecido e filtrado é soprado e succionado dentro do equipamento para favorecer a homogeneização das diversas partículas de pós. Essa fluidização é um dos melhores sistemas de homogeneização de pós secos.

Então, o líquido é aspergido (em forma de *spray*) por cima da massa de pós. Esse líquido causa uma adesão primária das partículas quando gotículas de líquido colidem com o pó seco.

A fuga de material da câmara de granulação é inibida por filtros exaustores que, periodicamente, são agitados para reintroduzir o material particulado dentro do equipamento.

Uma determinada quantidade de líquido é aspergida para produzir grânulos de tamanhos exigidos. Quando a faixa granulométrica desejada é alcançada, o *spray* é desligado mas a fluidização do meio continua com ar quente para proporcionar a secagem dos grânulos.

Todo o processo de granulação, que requer equipamentos variados no método convencional, é executado em um único aparato, economizando custos de mão-de-obra, tempo e perda de massa.

Outra vantagem é que o processo pode ser totalmente automatizado quando as condições que afetam a granulação estiverem otimizadas.

Porém, o custo de aquisição do equipamento é inicialmente caro e a otimização dos parâmetros do processo (e produto), que afetam a granulação, requer um trabalho extenso de desenvolvimento, não só durante a pesquisa de formulação inicial, mas também durante o balanceamento dos procedimentos para a produção.

## 7. Granulação por Extrusão

É um processo que necessita de vários procedimentos para a obtenção de grânulos esféricos, classificados uniformemente de acordo com o tamanho.

É utilizado, principalmente, para produzir diversos tipos de produtos que requerem uma boa esfericidade. Exemplos são pequenas esferas cerâmicas de alta densidade utilizadas como catalisadores, corpos de moagem e dispersão de tintas e para jateamento de peças metálicas.

Outra aplicação é a confecção de grânulos farmacêuticos com altos teores de princípios ativos.

A argila expandida é obtida dessa maneira, extrusão da matéria-prima, secagem e queima (que causa a expansão) em fornos rotativos.

### 7.1. Principais passos do processo

1. Mistura intensiva dos pós secos para uma eficiente dispersão e homogeneização dos materiais;
2. Adição de líquido suficiente para a obtenção de uma massa plástica;
3. Extrusão para formar partículas em forma de bastonete de diâmetros uniformes;
4. Esferonização para arredondamento dos bastonetes em grânulos esféricos;
5. Secagem para alcançar a umidade desejada; e
6. Classificação granulométrica para obtenção dos tamanhos de grânulos desejados.

## 8. Granulação via Líquida

Este método difere dos anteriores apresentados, pois a massa granulada e seca é obtida a partir de uma solução ou suspensão de sólidos em líquido (geralmente água). A suspensão pode ser de uma única matéria-prima ou uma formulação completa.

Esse processo é realizado por equipamentos conhecidos como atomizadores (*spray driers*)

Os grânulos obtidos são semelhantes a esferas ocas, de fácil fluidez e a distribuição do ligante (*binder*), em tais grânulos, favorece as propriedades de compactação. Isso ocorre porque durante a secagem o material dissolvido segue para a periferia do grânulo.

Este processo é aplicado na obtenção de uma massa granulada para a compactação de comprimidos medicinais e, também, na produção de revestimentos cerâmicos.

Esse procedimento só é justificado, economicamente, caso outros métodos de granulação não sejam viáveis.

## 9. Mecanismos da Formação de Grânulos

Para formar grânulos, ligações devem ser estabelecidas entre as partículas (pó), de tal forma que essas ligações forneçam uma adesão, suficientemente forte, para prevenir a “quebra” ou o rompimento dos grânulos nas operações subseqüentes do processo industrial.

## 10. Cinco Mecanismos de Ligações

1. Forças de adesão e coesão, no filme líquido imóvel, entre as partículas individuais primárias.
2. Forças interfaciais, no filme líquido móvel, dentro dos grânulos.
3. Formação de pontes sólidas após a evaporação do solvente.
4. Forças de atração entre as partículas sólidas.
5. Entrelaçamento mecânico.

## 11. Forças de Adesão e Coesão

Se há líquido suficiente em um pó para formar uma camada muito fina, imóvel, haverá uma efetiva diminuição na distância entre as partículas e um aumento de área de contato entre elas.

Por essa razão, a força de ligação entre as partículas poderá ser aumentada, devido às forças de atração de Van der Waals. Essa força é proporcional ao diâmetro da partícula e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas.

Esta situação ocorre quando umidade é adsorvida pelas partículas. Essa pequena umidade, através das forças de Van der Waals, é responsável pela coesão dos pós ligeiramente úmidos.

Embora tais filmes possam estar presentes, como líquido residual, nos grânulos após a granulação via úmida, é bastante improvável que eles contribuam, significativamente, para a resistência mecânica final do grânulo.

Entretanto, na granulação via seca, as pressões utilizadas, para aumentar a área de contato entre as camadas de adsorção e diminuir a distância entre as partículas, contribuem para a resistência mecânica do grânulo.

Porém, camadas imóveis também podem ser formadas por soluções altamente viscosas de adesivos (*binders*), e assim a força de ligação poderá ser maior que as produzidas pelos filmes móveis, discutidos abaixo. O uso de fêculas (ou amidos) de milho pode produzir este tipo de filme.

## 12. Forças Interficiais

Durante a granulação via úmida o líquido (com ou sem aditivos) é adicionado à mistura de pós, geralmente através de aparatos que permitem a pulverização (*spray*), e será distribuído como um filme ao redor e entre as partículas.

Esse líquido adicionado deve ser suficiente a ponto de exceder a quantidade mínima necessária para a formação de uma camada imóvel e produzir um filme móvel.

Há três estágios de distribuição de água entre partículas, que são ilustrados na Figura 2 e representados na Figura 3.

O **estágio pendular** apresenta-se com baixos níveis de umidade, sendo que as partículas são unidas pelo líquido em forma de anéis. Ocorre uma adesão devido às forças de tensão superficial da interface líquido/ar e devido à pressão de sucção hidrostática nas pontes de líquido.

Quando todo o ar, entre as partículas, for deslocado, temos o **estágio capilar** e as partículas se mantêm unidas devido à sucção

capilar na interface líquido/ar que está, agora, somente na superfície do grânulo.

O **estágio funicular** é uma fase intermediária entre os estágios pendular e capilar.

A resistência mecânica do grânulo úmido aumenta cerca de três vezes quando passamos do estágio pendular para o capilar.

A princípio, pode-se concluir que o estágio capilar é dependente do conteúdo de umidade dentro dos grânulos, mas podemos atingi-lo, simplesmente com a diminuição das distâncias entre partículas.

Na granulação via úmida, durante o processo de “agitação”, a intensidade e continuidade da homogeneização das matérias-primas (pós, ligantes e líquido) de um material, originalmente no estágio pendular, pode provocar o aumento de densidade devido à diminuição do volume dos poros ocupado por ar e, eventualmente, atingindo-se o estágio funicular ou mesmo capilar, sem que haja necessidade de adição de líquido.

Além destes três estágios, podemos ter o estágio **gotinha** (*droplet*), quando as partículas estão em “suspensão”, como ilustrado na Figura 2.

Isso é muito importante na granulação por “*spray drier*” de uma solução.

Neste estágio, a resistência mecânica da “gotinha” depende, principalmente, da tensão superficial do líquido utilizado. Estas pontes líquidas são estruturas temporárias na granulação via úmida, pois os grânulos úmidos sofrerão uma posterior secagem.

Entretanto, uma condição básica para a ocorrência de formação de pontes sólidas é a presença de aditivos (adesivos, ligantes, *binders*) no líquido ou na mistura de pós.

## 13. Pontes Sólidas

Podem ser formadas por:

### 13.1. Amolecimento parcial

Embora não seja o mecanismo predominante na maioria dos materiais, é possível que as altas pressões utilizadas na granulação via seca causem uma pequena taxa de amolecimento ou dissolução (“*melting*”) entre as partículas.

Quando as pressões são aliviadas, uma cristalização pode ocorrer nos locais onde houve os amolecimentos ou dissoluções, favorecendo a união das partículas.

### 13.2. Aditivos endurecedores

É o mecanismo mais comum, em granulações via úmida, para muitos materiais, quando aditivos (*binders*) são incluídos na formulação, dissolvidos no líquido ou homogeneizados aos pós.

O líquido formará pontes líquidas, como discutido acima, e o adesivo endurecerá ou cristalizará, durante a secagem, formando pontes sólidas de ligação entre as partículas.

Entre os aditivos podemos citar os derivados de celulose, de lignina e de amido.

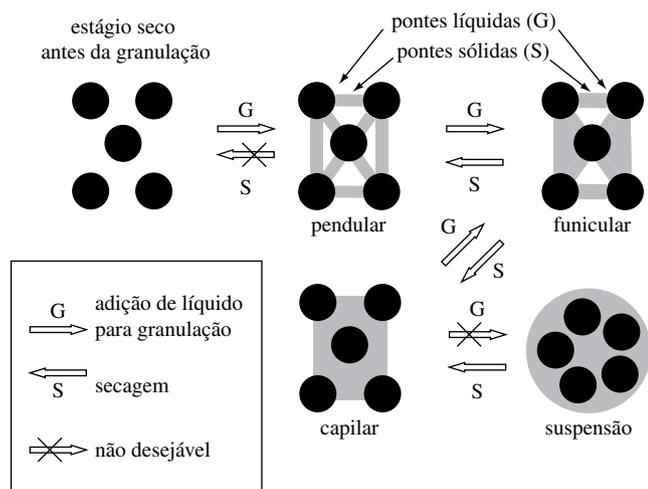
### 13.3. Cristalização de substâncias

O líquido (solvente) utilizado na formulação, durante a granulação via úmida, pode reagir parcialmente com os pós da mistura ou dissolver um ou mais ingredientes em pó.

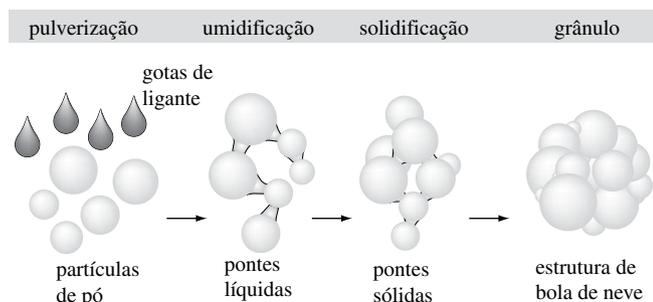
Quando os grânulos sofrem uma secagem, cristalizações podem ocorrer, promovendo ligações fortes entre as partículas, aumentando a resistência mecânica do grânulo.

Qualquer material solúvel no líquido de granulação funcionará desta maneira.

O tamanho dos cristais produzidos na ponte de ligação é influenciado pela taxa de secagem dos grânulos: quanto mais lento o tempo de secagem, maior o tamanho das partículas cristalizadas.



**Figura 2.** Distribuição de líquido entre as partículas do grânulo durante sua formação e secagem. Fonte: GranTec Tecnologias.



**Figura 3.** Desenho esquemático da granulação via úmida (adaptado de Glatt). Fonte: GranTec Tecnologias.

## 14. Forças de Atração entre Partículas Sólidas

Na ausência de líquidos e pontes sólidas formadas por agentes ligantes (aditivos), há dois tipos de forças de atração que podem agir entre as partículas.

Forças eletrostáticas podem ser importantes, causando coesão dos pós e a formação inicial de aglomerados, por exemplo, durante a mistura. Geralmente, este fenômeno não contribui muito para a formação da resistência mecânica final do grânulo.

Porém, a magnitude das forças de Van der Waals é, aproximadamente, quatro vezes maior que as forças eletrostáticas e contribui significativamente para a resistência de grânulos produzidos por granulação via seca.

A magnitude dessas forças aumentará com a diminuição das superfícies adjacentes e, na granulação via seca, isto é alcançado utilizando altas pressões para provocar a união das partículas.

## 15. A Formação de Grânulos

Nos métodos de granulação via seca a adesão de partículas acontece por causa de uma pressão aplicada. Uma lâmina compacta ou flocos são produzidos de acordo com o tamanho do grânulo exigido, evidentemente com uma posterior desgregação ou moagem e classificação granulométrica.

Nos métodos de granulação via úmida, o líquido adicionado à massa seca é distribuído pelas partículas através de agitações criadas dentro do equipamento granulador.

A adesão das partículas se inicia devido à atuação do filme líquido, sendo que a agitação e/ou adição de mais líquido promovem mais adesão de partículas.

O mecanismo pelo qual um pó seco é transformado em uma massa granulada varia de acordo com o tipo de equipamento, escolha e quantidade de aditivos, tempos e métodos de operação.

O mecanismo apresentado abaixo mostra uma generalização bastante didática e útil do processo de granulação, que pode ser dividido em três fases:

## 16. Nucleação

A granulação começa com a adesão de partículas através das pontes líquidas. Várias partículas se unem para a formação do estágio pendular, como ilustrado na Figura 2.

Posteriormente, com a agitação desses pequenos corpos granulados (com aumento de sua densidade aparente), o estágio capilar é alcançado e, esses corpos agem como núcleos, favorecendo o crescimento do grânulo.

## 17. Transição

Há duas possibilidades desses núcleos aumentarem de tamanho:

1. Partículas se unem aos núcleos através de pontes pendulares; e
2. Dois ou mais núcleos podem se unir, sendo que a combinação dos núcleos ocorre pela agitação da massa granulada.

Esta fase é caracterizada pela presença de muitos grânulos pequenos, mas com uma larga distribuição granulométrica

Desde que essa distribuição granulométrica não seja excessivamente grande, este é o ponto adequado (do processo de granulação) para a aplicação dos grânulos em processos que requerem uma compactação em moldes definidos, caso de comprimidos da indústria farmacêutica ou de revestimentos cerâmicos.

Grânulos maiores podem dar origem a problemas em estampas (moldes) de pequeno diâmetro, devido principalmente, a prováveis entupimentos no sistema de abastecimento, favorecendo a enchimentos falhos ou desiguais dos moldes.

## 18. Crescimento do Grânulo

Na seqüência da granulação, ocorre o crescimento do grânulo, geralmente produzindo grânulos esféricos, sendo que o tamanho médio dos granulados pode aumentar com o tempo.

Se mantivermos a agitação da massa, a coalescência do grânulo continuará e pode produzir uma massa granulada inutilizável (*overmassed*), muito embora isso dependa da quantidade de líquido e de propriedades reológicas do sistema a ser granulado.

A obtenção de grânulos grandes pode não ser muito adequada para propósitos farmacêuticos ou cerâmicos, mas é uma ocorrência interessante para outras aplicações industriais.

Os mecanismos possíveis de crescimento de grânulo são ilustrados na Figura 4.

### 18.1. Coalescência

Dois ou mais grânulos se unem para formar um grânulo maior. Quebra

### 18.2. Quebra

Grânulos se desfazem em fragmentos que se unem a outros grânulos, formando camadas sobrepostas nos granulados sobreviventes. Transferência por abrasão

### 18.3. Transferência por abrasão

A agitação da massa granulada gera atritos entre os grânulos. Esse fenômeno proporciona uma transferência de massa, aumentando o tamanho dos grânulos. Formação de camadas

### 18.4. Formação de camadas

Quando pós secos ou uma mistura de pós são adicionados à massa granulada original (que foi obtida anteriormente e se encontra dentro do equipamento), esses pós aderem aos grânulos, formando uma camada em cima da superfície dos mesmos, aumentando o tamanho médio da massa granulada.

Este procedimento - conhecido como "esferonização" - é muito utilizado para a obtenção de grânulos esféricos, processados em equipamentos projetados para tanto. Caso clássico é a pelletização de minério de ferro.

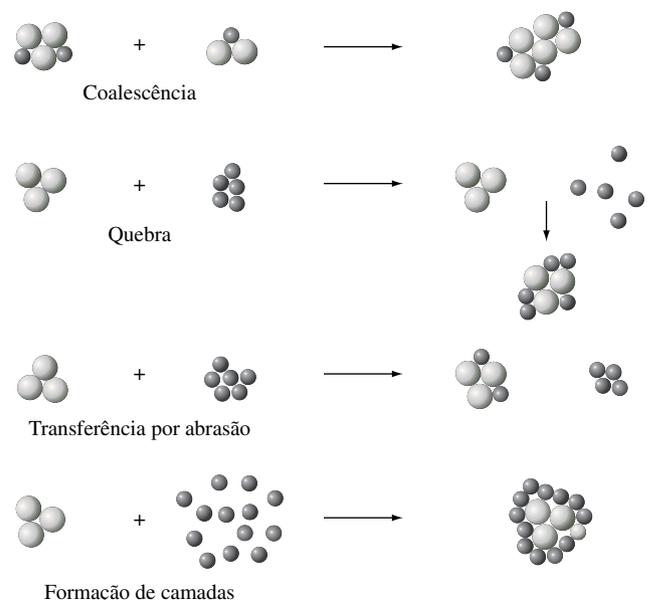


Figura 4. Mecanismos de crescimento de grânulos durante a granulação. Fonte: GranTec Tecnologias.

Esses mecanismos ou fases podem ocorrer de formas quase que simultâneas, não permitindo identificar, através de uma simples inspeção da massa granulada, o estágio de granulação.

Para a obtenção de uma uniformidade do produto final é necessário que os procedimentos de granulação sejam constantes e interrompidos na fase ou tempo desejados.

Utilizando um processo mais lento, como um misturador planetário, há tempo suficiente para parar o processo antes da ocorrência da “*overmassing*”.

No caso de um equipamento que imprime uma granulação mais rápida (granuladores intensivos), o tempo de formação de grânulos

somente pode ser usado como parâmetro quando a formulação é tal que o crescimento do grânulo ocorre de maneira lenta.

Escolha e monitoramento do equipamento, conhecimento das propriedades reológicas da composição, utilização de aditivos adequados e muita experiência são imprescindíveis para interromper o procedimento no ponto ideal da granulação, também conhecido, conforme a faixa granulométrica desejada, como ponto final de granulação.

## Referências

1. Parikh, D. M. Handbook of **Pharmaceutical Granulation Technology**. 2 ed. New York: Marcel Dekker INC, 2005.
2. [www.glatt.com.de](http://www.glatt.com.de)