

TEOR DE UMIDADE

Na fabricação de comprimidos utiliza-se uma mistura de diversos componentes:

Fórmula da Mistura (Base Ponderal)

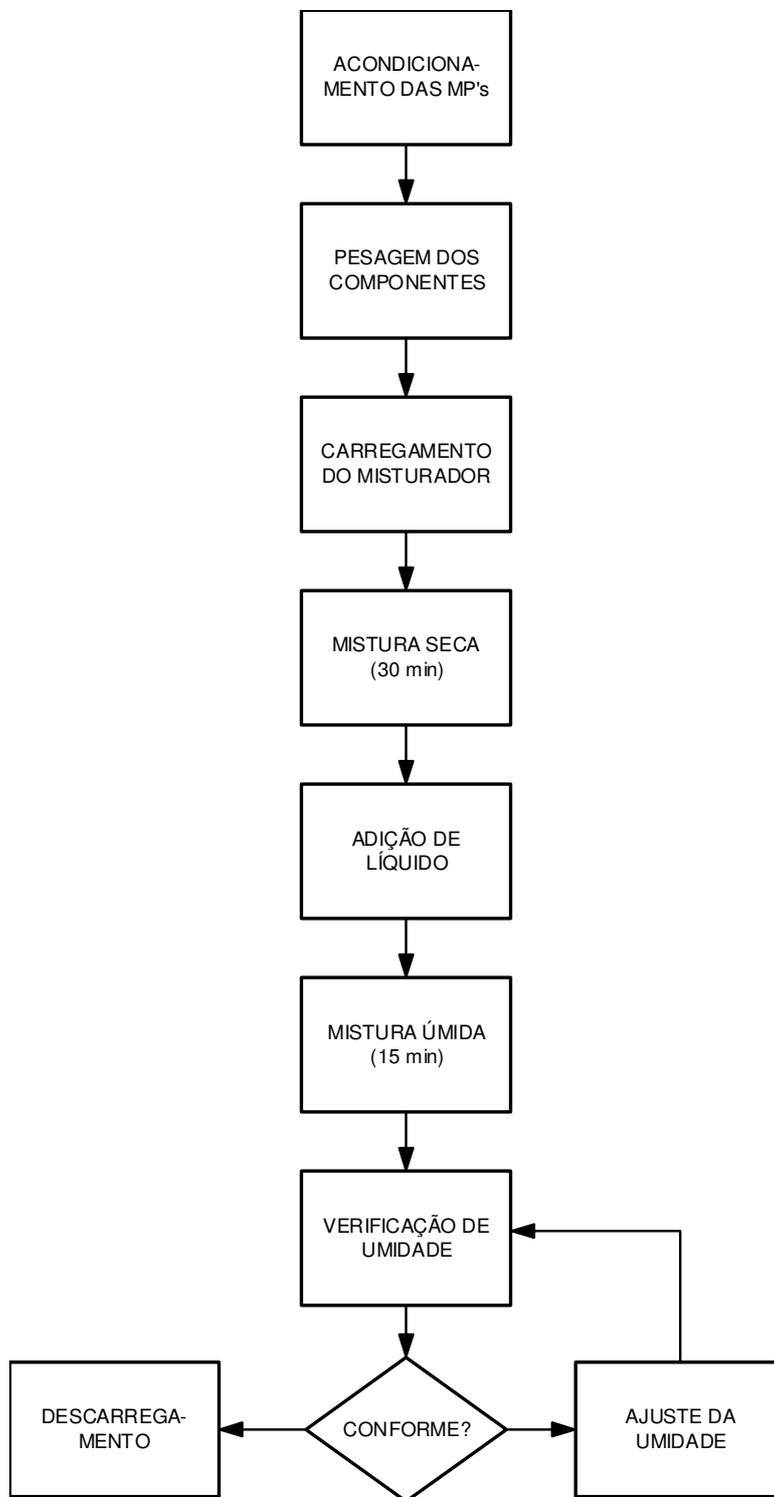
Componente A (pó)	60%
Componente B (pó)	20%
Componente C (pó)	15%
Componente D (líquido)	5%

Sua característica mais importante é a umidade (especificação de 10,0% +/- 0,5%). Variações na umidade da mistura afetam a compressibilidade dos comprimidos.

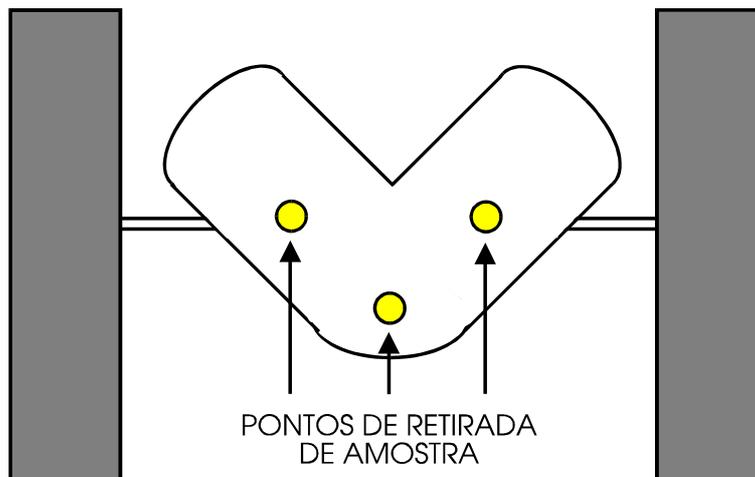
A gerência decidiu criar uma equipe para estudar a fabricação de misturas, propondo e realizando melhorias neste processo.

Que representantes, de que áreas, você colocaria nesta equipe?

Numa primeira reunião, a equipe de melhoria tomou conhecimento do processo em análise:



MISTURADOR “V” (P-K BLENDER)



ALGUMAS INFORMAÇÕES ADICIONAIS OBTIDAS:

- A) Todas matérias-primas são *previamente acondicionadas* em sala com temperatura e umidade controladas, por um tempo mínimo de 24 horas antes de seu uso;
- B) Existe uma *seqüência de adição* de materiais secos no misturador (do mais pesado para o mais leve) e a mesma é respeitada;
- C) Todos os tempos de mistura são controlados automaticamente através de temporizadores (“*timers*”);
- D) A verificação da umidade é feita através da coleta de uma amostra em três locais diferentes do misturador (*parcela*);
- E) O laboratório recebe as três parcelas, junta-as e forma uma *amostra composta* para determinar se a mistura está dentro da especificação (10,0 +/- 0,5%);
- F) É muito *comum* serem necessários *ajustes* na umidade, antes de descarregar o misturador.

As seguintes *dúvidas* foram levantadas pelos membros da equipe de melhoria:

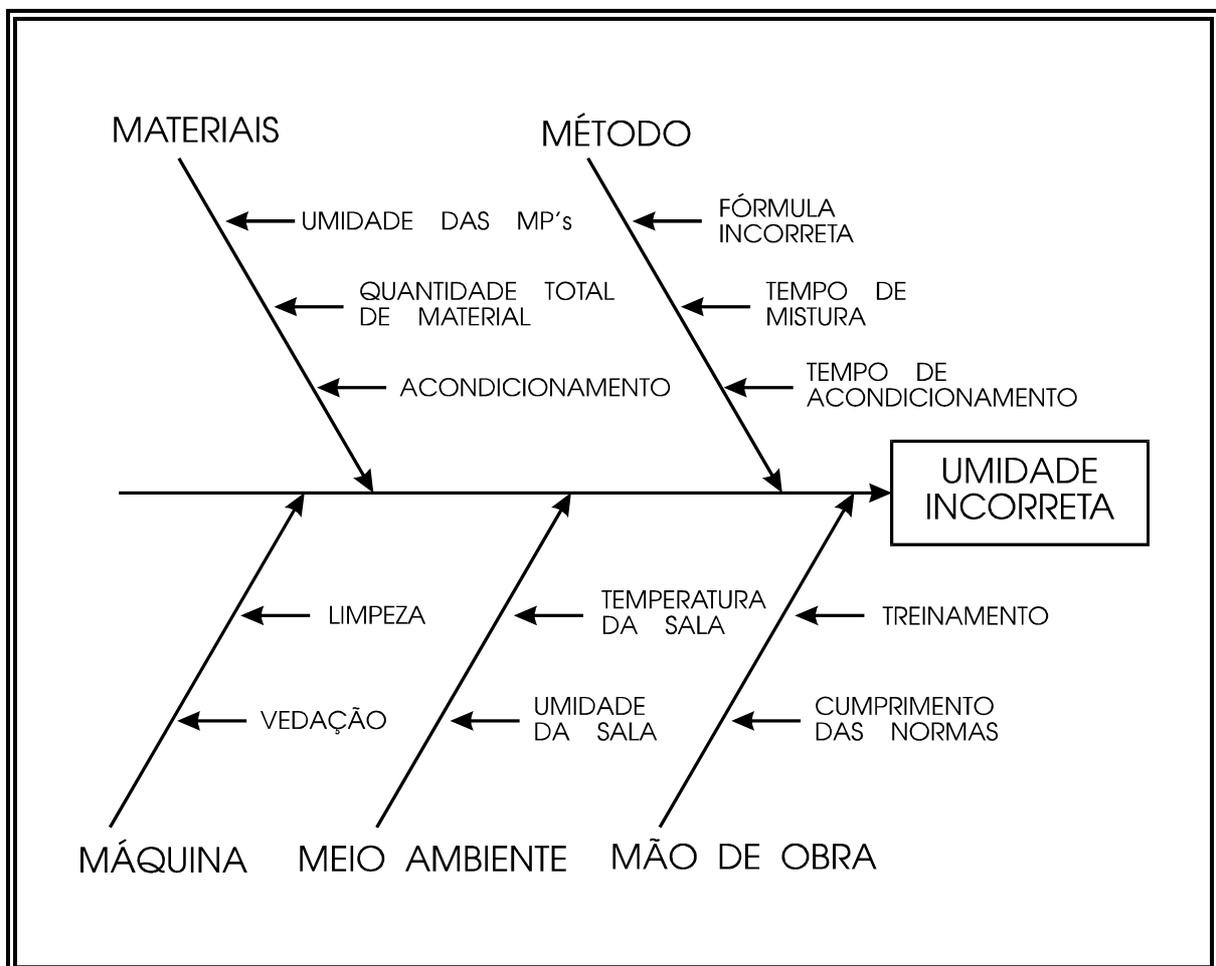
- 1) O processo de fabricação permite a obtenção de misturas homogêneas?
- 2) O tempo de mistura é suficiente? Deve ser aumentado ou pode ser diminuído?
- 3) Existem diferenças significativas na umidade de lote a lote de misturas
- 4) A especificação da umidade pode ser atendida?
- 5) A forma de coleta de amostras deve ser alterada? Como?
- 6) A maneira pela qual o laboratório analisa as amostras está correta? Que modificações devem ser realizadas?
- 7) A fórmula da mistura está correta ou são necessários ajustes?
- 8) Que características afetam a umidade da mistura?
- 9) Que ações devem ser tomadas e por quem?
- 10) O misturador “V” é um equipamento adequado?

O PROBLEMA ESSENCIAL É ENTENDER MELHOR O SIGNIFICADO DA VARIAÇÃO E, ENTÃO, EXTRAIR A INFORMAÇÃO NELA CONTIDA.

Lloyd Nelson

Numa nova reunião, a equipe de melhoria decidiu levantar as possíveis causas do problema com a umidade da mistura, através de um diagrama de causa & efeito:

DIAGRAMA DE CAUSA & EFEITO



A seguir, iniciou-se a coleta de dados na fabricação da mistura, para averiguar quais das possíveis causas do diagrama de causa & efeito realmente atuam no processo.

PROCEDIMENTO ADOTADO

- A) Acompanhar 20 lotes consecutivos de mistura;
- B) De cada lote, coletar uma amostra com três parcelas, cada parcela com um total de 50g;
- C) Retirar duas parcelas das bordas do misturador (lados opostos) e outra do centro deste;
- D) Determinar a umidade de cada parcela separadamente (***não compor uma única amostra***) e anotar na tabela abaixo:

Lote	Valores		
	esquerdo	centro	direito
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Os seguintes dados sobre a umidade foram obtidos no acompanhamento da fabricação. A equipe de melhoria, após alguma discussão, decidiu avaliar a estabilidade estatística do processo e, para tanto, vai empregar os gráficos da média (\bar{x}) e amplitude (R).

<i>LOTE</i>	<i>VALORES</i>	<i>x-BARRA</i>	<i>R</i>
01	10,69 - 10,80 - 10,39	10,627	0,41
02	10,20 - 10,30 - 10,72	10,407	0,52
03	10,42 - 10,61 - 10,54	10,523	0,19
04	10,98 - 10,27 - 10,50	10,583	0,71
05	10,61 - 10,52 - 10,67	10,600	0,15
06	10,57 - 10,46 - 10,50	10,510	0,11
07	10,44 - 10,29 - 9,86	10,197	0,58
08	10,20 - 10,29 - 10,41	10,300	0,21
09	10,46 - 10,76 - 10,74	10,653	0,30
10	10,11 - 10,33 - 10,98	10,473	0,87
11	10,29 - 10,57 - 10,65	10,503	0,36
12	10,83 - 11,00 - 10,65	10,827	0,35
13	10,35 - 10,07 - 10,48	10,300	0,41
14	10,69 - 10,54 - 10,61	10,613	0,15
15	10,44 - 10,44 - 10,57	10,483	0,13
16	10,63 - 9,86 - 10,54	10,343	0,77
17	10,54 - 10,82 - 10,48	10,613	0,34
18	10,50 - 10,61 - 10,54	10,550	0,11
19	10,29 - 10,79 - 10,74	10,607	0,50
20	10,57 - 10,44 - 10,52	10,510	0,13
Total	-	210,222	7,30

GRÁFICO DA AMPLITUDE (R)

Total de R = 7,30 e como n = 3, então D₃ = não há e D₄ = 2,574

$$\bar{R} = \frac{\text{Total de R}}{20} = \frac{7,30}{20} = 0,365$$

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R} = 2,574 * 0,365 = 0,94$$

$$LM_R = \bar{R} = 0,365$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R} = \text{não há}$$

Marque no gráfico R os pontos faltantes, os limites de controle e analise sua estabilidade

- 1) O processo é estável quanto a sua variabilidade?
- 2) Que tipo de variação este gráfico revela?
- 3) O processo produz misturas homogêneas?

GRÁFICOS DE CONTROLE

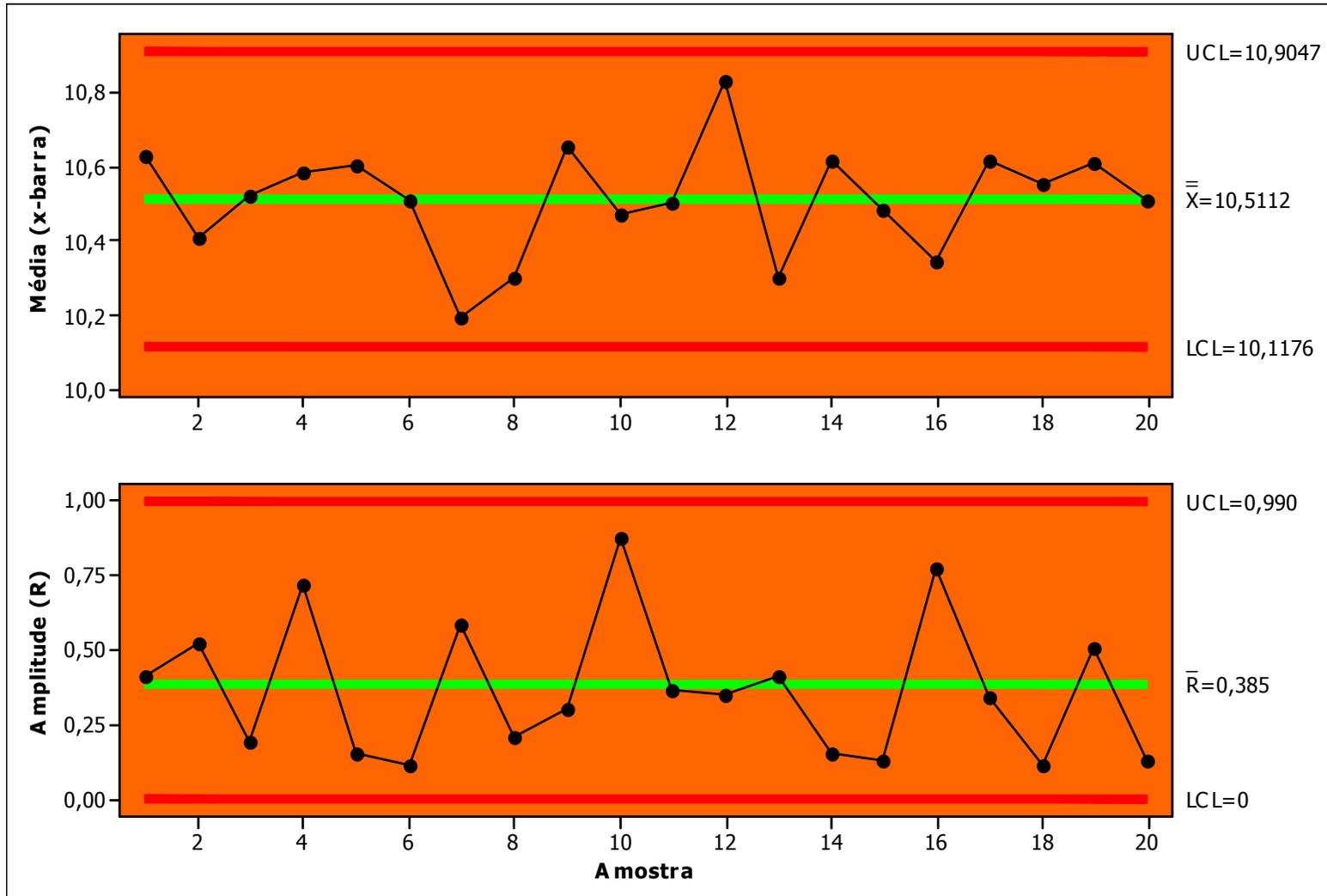


GRÁFICO DA MÉDIA (x-BARRA)

Total de x-barra = 210,222 e como $n = 3$, então $A_2 = 1,023$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\text{Total de } x\text{-Barra}}{20} = \frac{210,222}{20} = 10,511$$

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} = 10,511 + 1,023 * 0,365 = 10,88$$

$$LM_x = \bar{\bar{x}} = 10,511$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} = 10,511 - 1,023 * 0,365 = 10,14$$

Marque os pontos faltantes e os limites de controle no gráfico e analise-o

- 1) O processo é estável quanto a sua média?
- 2) Que tipo de variação nos revela este gráfico?
- 3) Existem diferenças de lote para lote (entre lotes)?

Pela análise dos gráficos de controle, a equipe conclui que a umidade média das misturas estava muito alta e, portanto, foi processada uma revisão na fórmula, reduzindo-se percentualmente a quantidade do componente D (o único líquido).

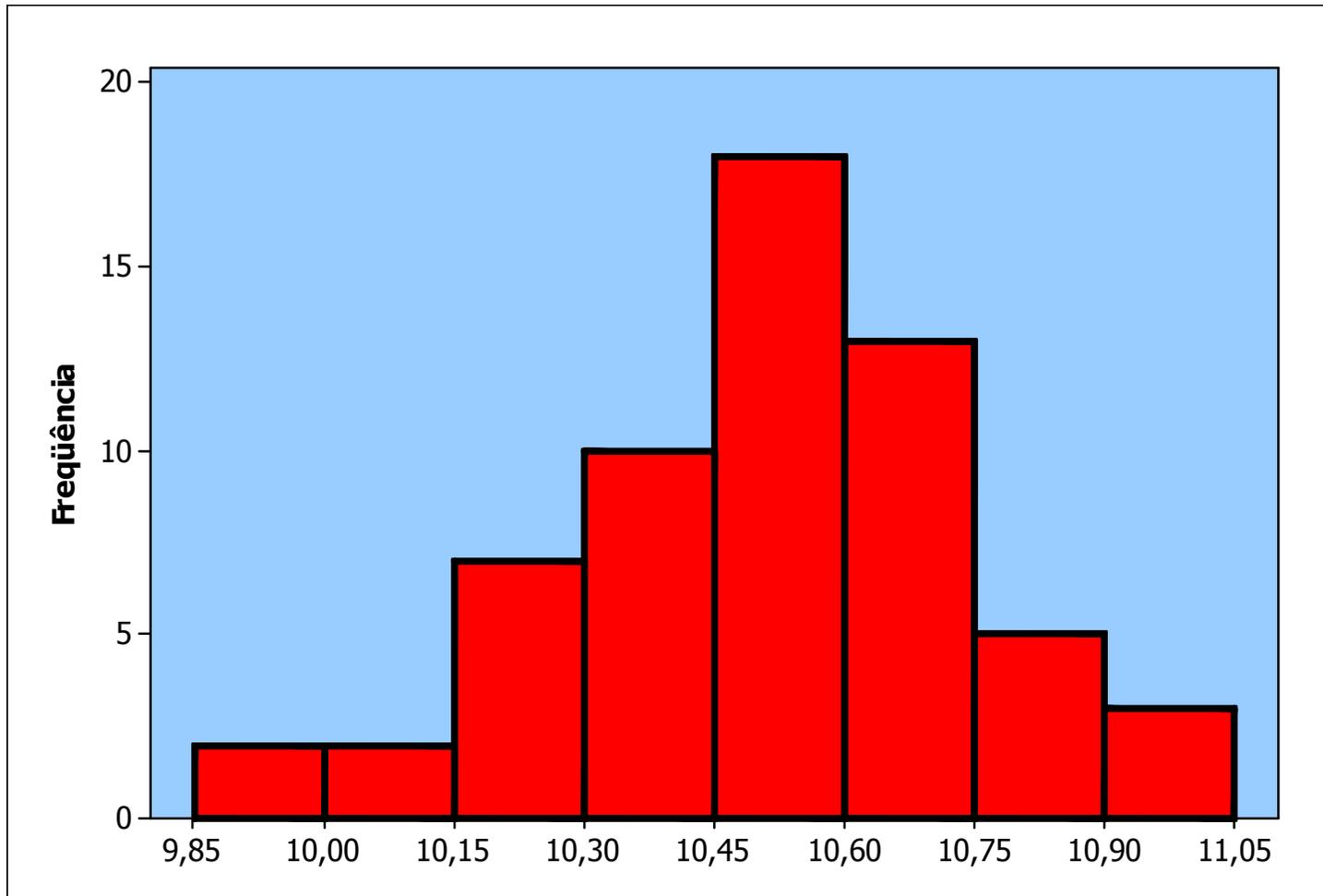
Contudo, ainda existe a dúvida se esta correção será suficiente para garantir 100% de misturas dentro da especificação. Como o processo é estável, um histograma permite esta avaliação.

HISTOGRAMA

- Quantidade total de dados (N) =
- Maior e menor valores (x_{\max} e x_{\min}) =
- Amplitude total (R_T) =
- Quantidade total de classes (k) = \sqrt{N} =
- Amplitude de cada classe = $h = R_T / k =$

Classe	Contagem	
9,85 - 10,00	//	2
10,00 - 10,15	//	2
10,15 - 10,30	///// //	7
10,30 - 10,45	///// /////	10
10,45 - 10,60	///// ///// ///// ///	18
10,60 - 10,75	///// ///// ///	13
10,75 - 10,90	/////	5
10,90 - 11,05	///	3

HISTOGRAMA



Dando prosseguimento ao estudo, a equipe de melhoria buscou averiguar que possíveis fatores poderiam gerar uma variação excessiva de umidade dentro de um mesmo lote de mistura.

Durante a reunião, um membro da equipe levantou a questão de que, na fase inicial de produção, a quantidade total de componentes colocados no misturador (carga) havia sido aumentada para “*otimizar*” o processo de fabricação.

O fabricante do misturador foi contatado para esclarecer a dúvida. Este informou que uma carga excessiva de material poderia causar tal tipo de problema.

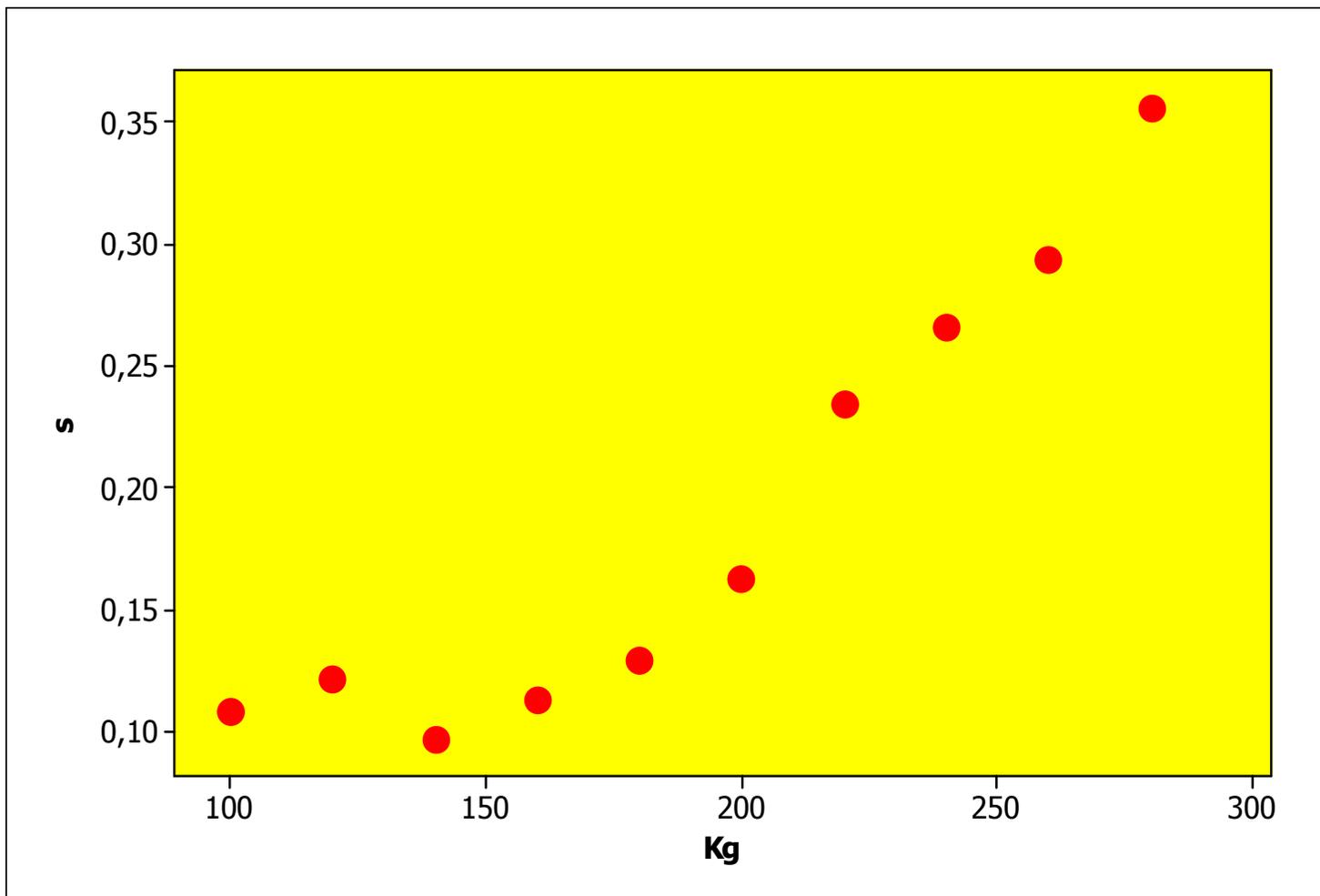
Passou-se, então, a investigar se havia uma relação direta entre a carga do misturador e a variação na umidade da mistura. Foi adotado o seguinte procedimento:

- A) Fabricar diversos lotes de mistura catódica, variando a carga total no misturador de 100 a 280 Kg, com incrementos de 20 Kg;
- B) De cada lote, tomar uma amostra de cinco parcelas, sendo duas nas bordas, uma no centro e as restantes em distâncias intermediárias;
- C) Calcular o desvio-padrão das amostras (s) de cada carga.

Os valores obtidos foram os seguintes:

<i>CARGA (kg)</i>	<i>s</i>	<i>CARGA (kg)</i>	<i>S</i>
100	0,108	200	0,163
120	0,122	220	0,235
140	0,097	240	0,266
160	0,113	260	0,294
180	0,129	280	0,356

DIAGRAMA DE DISPERSÃO



ANÁLISE DO DIAGRAMA DE DISPERSÃO

Perguntas:

- 1) Existe relação entre a variação da umidade dentro de um lote e a carga do misturador?
- 2) Até que carga do misturador a variabilidade não é afetada?
- 3) Que ações você recomendaria com base na análise?
- 4) Quais as etapas seguintes do estudo?