

Quebras de Impureza e Umidade¹

Por: Luís César da Silva

1. Introdução

O produto proveniente da área de cultivo, normalmente, apresenta teores de impureza e umidade superiores aos recomendados para comercialização, armazenagem e processamento. Portanto na recepção, a massa de grãos deve ser devidamente amostrada, para que sejam determinados os teores de impureza e umidade a fim de proceder aos cálculos relativos: (i) a quantidade de impurezas a ser removida pelas máquinas de pré-limpeza e limpeza; e (ii) a quantidade de água a ser evaporada durante a secagem.

2. Quebra de impureza

Denomina-se quebra de impureza o valor percentual a ser aplicado ao valor massa da carga recebida, com o objetivo de determinar a quantidade de impureza a ser removida. Basicamente, entende-se por impurezas materiais estranhos à massa de grãos, tais como: partículas de solo, pedras e restos vegetais. E por teor de impurezas a relação percentual entre as quantidades de impureza e de produto sujo.

Algumas empresas calculam a quebra de impureza pela subtração entre os teores de impurezas inicial e final (equação 01). Isso está errado, pois conforme as regras aritméticas, para calcular a soma ou a subtração de relações (frações) os denominadores devem ser iguais. E para o caso, a razão para o teor de impureza inicial tem por denominador a quantidade de produto sujo, enquanto para o teor de impureza final o denominador é a quantidade de produto limpo.

Abstract

Dust and Moisture Shrinks

(Federal University of Espírito Santo - Food Engineering Department - Technical Bulletin: AG: 01/09 - 03/24/2009, Revised: 07/03/2015)

This extension bulletin shows how to calculate correctly dust and moisture shrinks related to cleaning and drying operations in grain storage facilities. It has highlighted the importance of correct determination of dust and water quantities to be removed from received loads. Errors in determinations will be evaluated in a negative balance of received and dispatched loads of grains.

Dr. Luís César Silva – website: www.agais.com

^{1 1} Artigo Publicado na Revista: Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Ano VIII, nº 34, Fev. de 2009, p. 23 - 27.

$$QI = I_i - I_f \quad \text{eq. 01}$$

$$QI = \left(\frac{I_i - I_f}{100 - I_f} \right) \times 100 \quad \text{eq. 02}$$

em que:

- QI = quebra de impurezas, %;
 I_i = teor de impureza inicial, %; e
 I_f = teor de impureza final, %.

Para exemplificar, o erro no uso da equação de quebra de impureza, considere duas situações ao receber uma carga de 18,5 toneladas com 4,0% de impurezas. Se for aplicada a equação 01, considerando que o teor de impureza para armazenagem seja 1,0%, a quebra de impureza será de 3%. Ou seja, 0,555 t (555 kg) de impurezas devem ser removidas.

No entanto, ao aplicar a equação correta, quebra de impureza seria de 3,03%, correspondendo à remoção de 0,560 t (560 kg). Portanto, constata-se que ao aplicar a equação 01 (a errada) deixaria de ser computada a remoção de 5 kg de impurezas de cada carga de 18,5 t. Desse modo, a cada seis cargas recebidas geraria o débito de um saca de produto no armazém (= 5 kg x 6 cargas = 60 kg), pois o romanceio de cargas recebidas na igualaria ao fisicamente depositado no armazém. Reforçando a afirmativa: o cálculo realizado por meio da equação 01, efetivamente, não corresponde à quantidade real de impurezas removidas pelas máquinas de pré-limpeza e limpeza.

Observação: algumas empresas agregam ao desconto de quebra de impurezas, pontos percentuais relativos à remoção de grãos avariados.

3. Determinação do teor de umidade

Para o cálculo da quebra de umidade é necessário determinar o teor de umidade inicial da carga, que pode ser expresso em base úmida ou base seca.

O teor de umidade em base úmida, ou simplesmente, teor de umidade, ou ainda, teor de água, é a relação percentual entre a quantidade de água presente no produto e a quantidade de produto (equação 03).

$$U = \left(\frac{Ma}{Mt} \right) \times 100 \quad \text{eq. 03}$$

em que:

U = teor de umidade, %;

Ma = massa de água contida na amostra de grãos, kg (ou toneladas); e

Mt = massa total da amostra, kg (ou toneladas).

Assim, uma carga de 18 toneladas em que o teor de umidade seja 13,0%, corresponde afirmar que 2,34 t é água e 15,6 t é matéria seca. Matéria seca corresponde aos componentes dos grãos, como: carboidratos, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas. Fração esta, que deve ser preservada durante as operações de pré-processamento, beneficiamento e industrialização.

Quanto ao teor de umidade em base seca, este é a relação entre a massa de água e a massa de matéria seca (equação 04). Portanto, para a carga citada acima o teor de umidade em base seca será 0,1494.

$$U_{bs} = \frac{Ma}{Mms} \quad \text{eq. 04}$$

em que:

U_{bs} = teor de umidade em base seca, decimal;

Ma = massa de água contida na amostra de grãos, kg (ou toneladas); e

Mms = massa de matéria seca da amostra de grãos, kg (ou toneladas).

Para medir o teor de umidade são empregados procedimentos que enquadram como métodos diretos ou métodos indiretos.

Classificam como métodos diretos os procedimentos que quantificam a massa ou o volume de água presente na amostra de grãos. Portanto, é necessário extrair a água da amostra, o que pode ser feito por meio de secagem ou destilação.

No caso da secagem, as amostras de grãos são colocadas em estufas que operam a temperaturas próximas de 105 °C por um período de 24 até 72 horas. As amostras devem ser pesadas antes de colocar e após a retirada da estufa. Por diferença é quantificada a massa de água evaporada. No Brasil a determinação por meio da estufa é considerada padrão, sendo assim, deve ser tomada como referência para aferição dos demais procedimentos. O maior inconveniente no emprego da estufa é o tempo necessário para determinação, no mínimo 24 horas.

Para o caso da destilação, normalmente, emprega-se amostra de 100 gramas de produto, que deve ser imersa em óleo de soja. Então é procedido ao aquecimento da

mistura até uma dada temperatura, exemplo: milho 195 °C, soja 135 °C e trigo 190 °C. Desse modo, a água é evaporada do produto. Para quantificar a fração de água, o recipiente com a amostra, óleo e termômetro é pesado antes e após o aquecimento. A diferença de peso corresponderá ao teor de umidade.

Outra forma de quantificação da água evaporada é passá-la por um condensador e coletá-la em uma proveta graduada em mililitros. Assim, se a amostra de produto foi de 100 g e o volume de água coletado for de 13,0 mL, o teor de umidade corresponde a 13,0%.

Os métodos indiretos inferem sobre a quantidade de água nos grãos fundamentados em dois princípios elétricos: resistência e capacitância.

Nos equipamentos fundamentados no princípio resistivo, como o determinador de umidade universal, a amostra de grãos é submetida a uma corrente elétrica. Quanto mais seca estiver a amostra, menor será o fluxo de corrente elétrica devido a maior resistência imposta. Nesse determinador de umidade a corrente elétrica é obtida por meio de uma bateria ou um megômetro acionado por uma pequena manivela. Para a determinação do teor de umidade as amostras deverão ser pesadas e colocadas na cuba de amostra para serem prensadas conforme as especificações do aparelho. Em sequência o operador deverá: (i) girar a alavanca do megômetro, (ii) proceder à leitura, e (iii) ler a temperatura da amostra. Por fim, deve ser procedida a leitura no disco conversor de umidade cujos dados de entrada são as leituras do megômetro e do termômetro.

Segundo os princípios de eletricidade, quanto maior é a temperatura do resistor, menor será a resistência oferecida à passagem de corrente. Portanto, a medição do teor de umidade em amostras com altas temperaturas gera leituras falsas. Para o uso de forma correta do determinador de umidade universal, o ideal, é que as amostras estejam à temperatura próxima a do ambiente, e que os valores de umidade estejam entre 10,0 a 20,0%.

Quanto aos equipamentos fundamentados no princípio da capacitância (dielétricos), tem-se que, a cuba onde é deposita a amostra, é um capacitor elétrico constituído de duas placas metálicas. A depender das características do material entre as placas, o que se denomina meio dielétrico, o capacitor armazenará mais ou menos carga elétrica.

Internamente, os determinadores de umidade dielétricos são dotados de dois osciladores, que geram correntes elétricas em dadas frequência. O primeiro oscilador tem por componente o capacitor formado pela cuba de amostra, e o segundo, é constituído por componentes eletrônicos do aparelho, que durante a operação, automaticamente, busca gerar uma frequência igual à frequência do primeiro oscilador. Ocorrido isso, o que se denomina balanceamento, é inferido o teor de umidade da amostra de grãos.

Os determinadores de umidade dielétricos estão sujeitos a interferência de fatores, tais como: (i) temperatura da amostra; (ii) teor de impureza; (iii) massa específica do produto; (iv) a forma como a amostra é depositada na câmara de medição; e (v) a variedade do grão. Para minimizar a influência desses fatores, os equipamentos fabricados atualmente, apresentam alto grau de automatização, o que aprimorou a precisão. Desse modo, os órgãos governamentais tem recomendado o uso dos mesmos.

4. Quebra de umidade

A quebra de umidade refere ao cálculo da quantidade de água a ser removida do produto no processo de secagem. Ao ser utilizado teores de umidade expressos em base úmida emprega-se a equação 05. E se estes teores forem expressos em bases seca emprega-se equação 06.

$$QU = \frac{(U_i - U_f) \times 100}{(100 - U_f)} \quad \text{eq. 05}$$

Nota: a demonstração da equação 05 é feita no boletim: “[Dedução da equação de quebra de umidade em grãos](#)”

em que:

- QU = quebra de umidade, %;
- U_i = teor de umidade inicial em base úmida, %; e
- U_f = teor de umidade final em base úmida, %.

$$QU_{bs} = (U_{bs_i} - U_{bs_f}) \quad \text{eq. 06}$$

em que:

- QU_{bs} = quebra de umidade em base seca, decimal;
- U_{bs_i} = teor de umidade inicial expresso em base seca, decimal; e
- U_{bs_f} = teor de umidade final expresso em base seca, decimal.

5. Exemplo aplicativo – Quebras impurezas e umidade em base úmida

Suponha que uma unidade armazenadora receba 25.000 kg de milho a granel com 26,0 % de umidade e 4,0 % de impurezas. Pede-se calcular a quantidade de produto que

será armazenada. Considere que as condições de armazenagem sejam 13,0% de teor de umidade e 1,0% de impurezas.

Passo 1 - Calcular a quebra de impurezas (QI)

$$QI = \left(\frac{I_i - I_f}{100 - I_f} \right) \times 100 = \left(\frac{4,0 - 1,0}{100 - 1,0} \right) \times 100 = 3,03\%$$

Passo 2 – Calcular a quantidade de impurezas a ser removida

Impureza removida = 25.000 x 3,03% = 757,50 kg de impurezas

Passo 3 – Calcular a quantidade de produto limpo

Produto limpo = Quantidade de produto recebida – Impureza removida
= 25.000 – 757,50 = 24.242,50 kg de produto limpo

Passo 4 – Calcular a quebra de umidade (QU)

$$QU = \left(\frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \times 100 = \left(\frac{26,0 - 13,0}{100 - 13,0} \right) \times 100 = 14,94\%$$

Passo 5 - Calcular a quantidade de água a ser evaporada

Água evaporada = Produto limpo x QU = 24.242,50 kg x 14,94% = 3.621,83 kg de água

Passo 5 - Calcular a quantidade de produto armazenada

Quantidade de produto armazenado = Produto limpo - Água evaporada
= 24.242,50 - 3.621,83 = 20.620,70 kg

Passo 6 - Calcular o total de descontos

Desconto = Quantidade de produto recebida - Quantidade de produto armazenada
= 25.000 - 20.620,70 = 4.379,33 kg (≈ 73 sacas de 60 kg)

5.1. Cálculo do desconto total relativo às quebras de impureza e umidade

Ao invés de proceder aos cálculos das quebras de impureza e umidade, como foi feito acima, pode-se calcular o desconto total por meio da equação 07, que é empregada para elaborar tabelas de descontos. Por exemplo, na Tabela 01 são apresentados os valores de desconto total calculados considerando o teor de umidade final igual a 13% e o de impurezas 1%.

$$DE = 100 - \frac{(100 - QI) \times (100 - QU)}{100} \quad \text{eq. 07}$$

em que:

DE = desconto total relativo às quebras de impurezas e umidade, %.

Tabela 01 - Valores de desconto total para quebras de impurezas e de umidade, expresso em percentagem, ao considerar teor de umidade final igual a 13% e de impurezas 1%

Teor de umidade inicial %	Teores de iniciais impurezas (%)					
	7	6	5	4	3	2
26	20,10	19,24	18,38	17,52	16,66	15,80
25	19,02	18,15	17,28	16,41	15,53	14,66
24	17,94	17,06	16,17	15,29	14,41	13,53
23	16,86	15,96	15,07	14,18	13,28	12,39
22	15,78	14,87	13,97	13,06	12,16	11,25
21	14,70	13,78	12,86	11,95	11,03	10,11
20	13,62	12,69	11,76	10,83	9,90	8,97
19	12,54	11,60	10,66	9,72	8,78	7,84
18	11,46	10,51	9,56	8,60	7,65	6,70
17	10,38	9,42	8,45	7,49	6,53	5,56
16	9,30	8,32	7,35	6,37	5,40	4,42
15	8,22	7,23	6,25	5,26	4,27	3,29
14	7,14	6,14	5,14	4,14	3,15	2,15

Desse modo para o exemplo acima, *DE* seria igual a 17,52% (Tabela 01). Ao aplicar este valor a 25.000 kg, seria obtido o desconto relativo às quebras de impureza e de umidade igual a 4.380,00 kg.

6. Exemplo aplicativo - Quebras impurezas e umidade em base úmida seca

Em relações comerciais, tradicionalmente, é empregado o teor de umidade expresso em base úmida. Mas se for considerado, que o objetivo maior na armazenagem é a conservação da massa de matéria seca, o ideal seria ter por foco, o quanto de massa de matéria seca, que está, realmente, sendo comercializada, armazenada e processada.

Para tanto, seria necessário trabalhar com teores de umidade expressos em base seca. Nesse caso a solução do exemplo supradescrito dar-se-ia da seguinte forma:

Dados:

- massa inicial, 25.000 kg de milho;
- teor de umidade inicial igual a 26%, que corresponde a 0,3513 em base seca; e
- teor de umidade para armazenagem igual a 13%, que corresponde a 0,1494 em base seca.

Observação: para converter o teor de umidade de base úmida para base seca emprega-se a equação 08.

$$U_{bs} = \frac{U}{(100-U)} \quad \text{eq. 08}$$

Passo 1 – O cálculo da quebra de impurezas seria procedido da mesma forma do exemplo anterior. Assim, é obtido 24.242,50 kg de produto limpo.

Passo 2 – Calcular a quantidade de água inicial contida na carga de produto limpo

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de água inicial} &= \text{Quantidade de produto limpo} \times \text{Teor de umidade inicial} = \\ &24.242,50 \times 26\% = 6.303,05 \text{ kg de água} \end{aligned}$$

Passo 3 – Calcular a quantidade de matéria seca

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de matéria seca} &= \text{Quantidade de produto limpo} - \text{Quantidade de água} = \\ &24.242,50 - 6.303,05 = 17.939,45 \text{ kg de matéria seca} \end{aligned}$$

Passo 4 – Calcular a quebra de umidade em base seca (equação 06)

$$\text{Quebra de umidade em base seca} = 0,3513 - 0,1494 = 0,2019$$

Passo 5 – Calcular a quantidade de água evaporada

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de água evaporada} &= \text{Quantidade de matéria seca} \times \text{Quebra de umidade em} \\ \text{base seca} &= 17.939,45 \times 0,2019 = 3621,97 \text{ kg de água} \end{aligned}$$

Passo 6 – Calcular a quantidade de produto final

Quantidade de produto final = Quantidade de matéria seca + Quantidade de água inicial – Quantidade de água evaporada = 17.939,45 + 6.303,05 - 3621,97 = 20.620,53 kg de produto limpo e seco.

Portanto, se assim fosse procedido, para a carga de 25.000 kg, no momento da recepção seria calculado que esta conteria 17.939,45 kg de matéria seca. E quando da expedição, independente do teor de umidade, o depositário teria o direito de resgatar os 17.939,45 kg de matéria seca.

7. Quantidade ajustada

Outra forma de determinar a redução da massa de produto mediante ao processo de secagem é calcular a Quantidade ajustada (Q_{aj}), equação 09

$$Q_{aj} = \frac{(100 - U_{atual})}{(100 - U_d)} \cdot Q_p \quad \text{eq. 09}$$

em que,

- Q_{aj} - quantidade de produto ajustada, t;
- U_{atual} - teor de água atual, % b.u.;
- U_d - teor de água desejado, % b.u.;
- Q_p - quantidade de produto atual, t.

Exemplo 1 – Calcule a massa da carga de milho de 24,5 t com 18,0% de teor de umidade após ser seca para 14,0%.

$$Q_{aj} = \frac{(100 - 18)}{(100 - 14)} \cdot 24,5 = 23,36 \text{ t de produto com 14\% de teor de umidade}$$

→ *Portanto, na secagem foram removida 1,14 t de água (= 24,5 - 23,35).*

A equação 09 também pode ser utilizada para calcular o debito de produto em razão do processo de supersecagem.

Exemplo 2 – Por erro de operação uma carga de milho foi superseca, sendo constatada a massa final de 34,5 t e teor de umidade de 12,5%. Calcule qual deveria ser a massa da carga para o teor de umidade de 14%.

$$Q_{aj} = \frac{(100 - 12,5)}{(100 - 14,0)} \cdot 34,5 = 35,10 \text{ t de produto com 14\% de teor de umidade}$$

→ Portanto, com o erro da supersecam foi removido em excesso 0,60 t de água (= 35,01 – 34,50).

A equação 09 pode também ser adaptada para calcular a redução de massa do produto na operação de limpeza, equação 10.

$$Q_{aj}(\text{limpeza}) = \frac{(100 - I_{\text{atual}})}{(100 - I_d)} \cdot Q_p(\text{sujo}) \quad \text{eq. 10}$$

em que,

- Q_{aj} - quantidade de produto limpo ajustada (limpeza), t;
- I_{atual} - teor de impureza atual, % b.u.;
- I_d - teor de impureza desejado, % b.u.;
- Q_p - quantidade de produto atual (sujo), t.

8. Ponderações finais

Neste artigo são apresentadas equações básicas para os cálculos das quebras de impureza e umidade. Pode ocorrer que algumas empresas agreguem as essas quebras pontos percentuais correspondentes à cobrança de prestações de serviços, tais como: descarga, secagem e tratamento para controle de pragas. Desse modo, o cliente estará pagando por esses serviços na forma de produto. Portanto, cabe cliente ter conhecimento das rotinas de cálculo desses procedimentos, e analisar se esta prática não o prejudica financeiramente.

Por outro lado, para o agente armazenador é importante: (i) não cometer erros na amostragem das cargas; (ii) manter aferidas balanças e determinadores de umidade; e (iii) adotar metodologias adequadas para aplicação dos índices de quebras de impureza e umidade. Tomando esses cuidados não ocorrerão balanços negativos quanto da movimentação de produtos, principalmente, milho.

9. Referências

BROOKER, D. B., BAKKER ARKEMA, F. W., HALL, C. W. **Drying cereal grains**. Westport: The Avi Publishing Company, Inc., 1974. 256 p.

SILVA, J. S. [editor] **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, J. S.; BEBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Juiz de Fora: Editora Aprenda Fácil, 1999. 137 p.

SILVA, L. C. **Armazenagem de grãos e oleaginosas**. [Notas de aula]. Alegre: UFES, 2008. 105 p.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Salles Editora 2005. 586p.