

Mistura de fertilizantes: cálculo e formulação

Carlos Alberto Costa Veloso

Sônia Maria Botelho

João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

Introdução

A maior parte dos fertilizantes comercializados no Brasil está na forma de misturas. As misturas ou fórmulas concentradas são, em geral, preparadas com ureia, superfosfato triplo (SFT), monofosfato de amônio (MAP) e cloreto de potássio (KCl). As misturas com quantidades similares dos adubos não podem satisfazer as necessidades de todas as plantas cultivadas nos mais diversos tipos de solo, sendo necessário que elas sejam preparadas com quantidades adequadas para atender às exigências reais da adubação.

O agricultor deve estar ciente da economia no transporte e no armazenamento e de que a aplicação de um formulado concentrado poderá não ser conveniente se não possuir enxofre (S), quando o solo for deficiente nesse elemento. A adubação adequada, além de aumentar o rendimento da lavoura, melhora a nutrição das plantas, tornando-as mais resistente ao ataque de pragas ou doenças.

O resultado da mistura de dois ou mais fertilizantes simples é denominado de fertilizante misto ou mistura de fertilizantes. As misturas de adubos são formuladas para proporcionar nutrientes às plantas em quantidades e proporções adequadas aos diferentes tipos de solos e às necessidades de cada espécie e seu estágio de desenvolvimento. Essas quantidades são determinadas por meio de pesquisas de campo em diversos tipos de solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. Não se pode misturá-los sem preocupações específicas, por causa das reações químicas que podem ocorrer, prejudicando a eficiência da mistura de adubos.

As misturas de fertilizantes, que contêm nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (N, P_2O_5 e K_2O), podem ser realizadas na propriedade agrícola ou adquiridas na indústria de fertilizantes, sendo apresentadas em diversas formas: pó, farelado, grânulos (separado para cada elemento ou dentro do próprio grânulo) e granulada. Os adubos granulados são obtidos somente na indústria, enquanto as demais misturas podem ser preparadas tanto pela indústria como pelo produtor, sendo preparadas a partir de adubos simples, com densidade e granulometria semelhante, resultando na mesma eficiência para uso.

Existe no comércio de fertilizantes um grande número de formulados para atender às exigências das culturas nas diferentes condições de solo e clima. Muitas vezes,

as quantidades de adubo usadas no plantio são complementadas por adubações de cobertura, nas quais se utilizam adubos nitrogenados, potássicos ou ambos. O uso prolongado das mesmas fórmulas, sem o acompanhamento de engenheiro-agrônomo, pode provocar desequilíbrios nutricionais, além de não ser a maneira mais adequada de utilizar adubos.

As fórmulas ou misturas de fertilizantes simples podem conter dois elementos, sendo chamadas de binárias, ou três elementos, sendo chamadas de ternárias, podendo ainda conter micronutrientes e enxofre. A apresentação das quantidades dos nutrientes é indicada em termos de porcentagem. Assim, por exemplo, a fórmula 10-28-20 possui 10% de N, 28% de P_2O_5 e 20% de K_2O . Segundo a legislação brasileira de fertilizantes e corretivos, para a comercialização de fórmulas, a soma dos nutrientes deve ser no mínimo de 24%. Os adubos nitrogenados e potássicos presentes devem ser solúveis em água. Já o teor de P_2O_5 no fertilizante que entra na mistura deve corresponder ao teor solúvel em ácido cítrico a 2% ou em citrato neutro de amônio mais água.

Se a mistura possuir macronutrientes secundários como cálcio (Ca), magnésio (Mg) ou enxofre (S), então poderão apresentar o seu teor indicado obedecendo essa ordem. Para os micronutrientes, quando o teor é garantido, deve ser obedecida a ordem alfabética dos nutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Como se misturam os adubos ou fertilizantes

Quando se pretende fazer a mistura de fertilizantes na propriedade, o primeiro passo é conhecer as porcentagens de N, P_2O_5 e K_2O na formulação. O segundo passo é saber a compatibilidade entre os adubos e se estes podem ser misturados.

Tendo em vista a compatibilidade ou não entre os adubos, na Tabela 1 são apresentadas as misturas possíveis, mostrando as limitações existentes e quais fertilizantes podem ser misturados. Pode ser observado que algumas das incompatibilidades são relativas, como é o caso resultante da mistura de sais amoniacais com calcário. Se a quantidade do calcário não for suficiente para elevar o pH acima de 7,0, em consequência, ocorre o perigo do deslocamento e a perda de amônia é evitada (Malavolta; Romero, 1975).

Tabela 1. Recomendações para as misturas de fertilizantes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1						X									X
2															
3						X	O	O			X				
4						X					X				X
5						X					O				O
6	X		X	X	X		X	X	X						
7			O			X					X				X
8			O			X					X	O			X
9						X					O				X
10															
11	X		X	X	O		X	X	O						
12								O							
13															
14															
15	X			X	O		X	X	X						

- Adubos que podem ser misturados
- 0 Adubos que só podem ser misturados um pouco antes da aplicação
- X Adubos que não podem ser misturados

- 1- Sulfato de amônio
- 2- Nitrato de sódio e nitrato de potássio, salitre do Chile e salitre duplo
- 3- Nitrocálcio
- 4- Nitrato de amônio e sulfonitrato
- 5- Ureia
- 6- Calciocianamida
- 7- Superfosfato simples e triplo
- 8- Fosfatos de amônio
- 9- Fosfato bicálcio
- 10- Farinha de ossos
- 11- Escórias e termofosfatos
- 12- Fosfatos naturais
- 13- Cloreto de potássio
- 14- Sulfato de potássio
- 15- Calcário

Fonte: Malavolta e Romero (1975).

Exemplos:

Ureia não é compatível com nitrato de amônio (NH_4NO_3) por causa da alta higroscopicidade resultante dessa mistura, o que fará com que se umedeça facilmente em condições normais de armazenamento.

Sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] não pode ser misturado com termofosfato, em razão da perda de amônio causada pela reação de alcalinidade do silicato do termofosfato. O $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, em contato com produtos que contenham Ca, perde nitrogênio pela volatilização do amônio.

Cloretos não podem ser misturados com cal (CaO), pois podem formar pedras em virtude da desidratação ou se transformar em pasta, o que prejudicará a distribuição do adubo. O NH_4NO_3 também requer os mesmos cuidados mencionados.

Superfosfatos em contato com nitratos ou sais potássicos, durante um certo tempo, liberam ácidos que, em determinadas condições, provocam explosões.

Aubos com CaO não podem ser misturados com adubos orgânicos, pois podem provocar um elevado aumento de temperatura.

Algumas reações que ocorrem no preparo das misturas podem estar presentes na escolha das matérias-primas, a fim de que o produto obtido tenha as características desejadas. As reações mais importantes são de neutralização, em que:



A reação pode prosseguir até a formação do fosfato de cálcio insolúvel. O calcário com teor inferior a 12% de óxido de magnésio (MgO) pode diminuir a solubilidade dos superfosfatos em citrato de amônio durante o armazenamento. Em algumas condições, o fosfato diamônico pode reagir com os superfosfatos numa reação de amonização incipiente.

Cálculo de adubação

Exemplo 1

Considerando uma situação hipotética em que o resultado da análise química do solo determinou que, em virtude dos teores dos nutrientes no solo encontrados, recomenda-se a adubação de plantio para uma determinada cultura nas quantidades de 80 kg de N, 160 kg de P_2O_5 e 40 kg de K_2O por hectare. Então, deve-se colocar no solo a fórmula 80-160-40, a qual corresponde à relação básica entre os nutrientes N, P e K, que, se dividida pelo menor número, obtém-se 2:4:1.

A primeira alternativa seria procurar no comércio de fertilizantes uma fórmula que apresentasse a mesma relação entre os nutrientes. Sendo assim, o agricultor encontrou no mercado local a formulação 10-20-5 (os valores correspondem a porcentagem de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente), que possibilita obter as quantidades de adubo da seguinte maneira:

Nitrogênio = $(80 \div 10) \times 100 = 800$ kg/ha da fórmula 10-20-5

Fósforo = $(160 \div 20) \times 100 = 800$ kg/ha da fórmula 10-20-5

Potássio = $(40 \div 5) \times 100 = 800$ kg/ha da fórmula 10-20-5.

Exemplo de formulações encontradas no mercado do estado do Pará:

Fórmulas	Relações
4-16-8	1:4:2
10-10-10	1:1:1
20-5-20	4:1:4
4-20-20	1:5:5

Fórmulas	Relações
----------	----------

18-18-18		1:1:1
----------	--	-------

10-28-20		1:2,8:2
----------	--	---------

10-20-5		2:4:1
---------	--	-------

No cálculo das quantidades de fertilizantes simples para compor uma formulação, pode-se utilizar o exemplo a seguir:

Preparação de 1 t da mistura 10-20-10 (valores correspondentes à porcentagem de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente) utilizando os fertilizantes: ureia (com 45% de N), superfosfato triplo (com 43% de P_2O_5) e cloreto de potássio (com 60% de K_2O).

1) Cálculo da quantidade de ureia:

Na formulação, pretende-se utilizar 10% de N. Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 100 kg de N. Como a ureia possui 45% de N, então 100 kg terá 45 kg de N. Assim, para obter 100 kg de N necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de ureia:

$$X = 100 \times 100 \div 45 = 222 \text{ kg de ureia}$$

2) Cálculo da quantidade de superfosfato triplo:

Na formulação, pretende-se utilizar 20% de P_2O_5 . Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 200 kg de P_2O_5 . Como o superfosfato triplo (SFT) possui 43% de P_2O_5 , então 100 kg terá 43 kg de P_2O_5 . Assim, para obter 200 kg de P_2O_5 necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de superfosfato triplo:

$$X = 100 \times 200 \div 43 = 465 \text{ kg}$$

3) Cálculo da quantidade de cloreto de potássio

Na formulação, pretende-se utilizar 10% de K_2O . Então, para 1 t (1.000 kg) da formulação serão necessários 100 kg de K_2O . Como o cloreto de potássio (KCl) possui 60% de K_2O , então 100 kg terá 60 kg de K_2O . Assim, para obter 100 kg de K_2O necessários para compor a formulação, deve-se empregar a seguinte quantidade de cloreto de potássio:

$$X = 100 \times 100 \div 60 = 167 \text{ kg}$$

Somando-se as quantidades dos três adubos, temos:

Ureia = 222 kg

SFT = 465 kg

KCL = 167 kg

Total = 854 kg

Para 1 t, que equivale a 1.000 kg, faltam:

$$1.000 - 854 = 146 \text{ kg}$$

Esses 146 kg podem ser adicionados como material inerte ou de enchimento, chamado carga, utilizando de preferência torta oleaginosa fermentada.

Exemplo 2

Considerando que se pretende fazer 1 t da fórmula 4-14-8, usando sulfato de amônio (20% de N), superfosfato simples (20% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O), seguindo o mesmo raciocínio do exemplo anterior. Para se obter a quantidade de adubo, observa-se a porcentagem do elemento na mistura e o teor desejado. Como o teor de N no sulfato de amônio (SA) é 20%, então a fórmula deve ter 200 kg de SA. Com procedimento semelhante, serão necessários 700 kg de superfosfato simples (SFS) com 20% de P_2O_5 e 133 kg de cloreto de potássio (KCl) com 60% de K_2O .

Somando-se as quantidades dos três adubos, temos:

$$\begin{aligned} \text{SA} &= 200 \text{ kg} \\ \text{SFS} &= 700 \text{ kg} \\ \text{KCl} &= 133 \text{ kg} \\ \text{Total} &= 1.033 \text{ kg} \end{aligned}$$

Para 1 t, que equivale a 1.000 kg, sobram 33 kg, que podem ser deduzidos, sem prejuízo, proporcionalmente das três fontes de adubo ou substituir uma das fontes por um adubo mais concentrado. No caso da fonte de P, pode ser usado o SFT, que é mais concentrado, possui de 40% a 45% de P_2O_5 . Então, a quantidade seria 326 kg, assim a soma das fontes seria: $200 + 326 + 133 = 659$ kg. Logo: $1.000 - 659 = 341$ kg, o restante seria completado com enchimento de material inerte.

A segunda alternativa seria adquirir adubos minerais simples e fazer a mistura. Neste caso, poderiam ser adquiridos ureia (45% N), SFT (43% P_2O_5) e KCl (60% de K_2O) e os cálculos seriam:

$$100 \text{ kg de ureia} \quad \text{—————} \quad 45 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg de ureia} \quad \text{—————} \quad 80 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg de ureia} = 100 \times 80 \div 45 = 178 \text{ kg de ureia}$$

$$100 \text{ kg de SFT} \quad \text{—————} \quad 43 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ kg de SFT} \quad \text{—————} \quad 160 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X \text{ kg de SFT} = 100 \times 160 \div 43 = 372 \text{ kg de SFT}$$

$$100 \text{ kg de KCl} \quad \text{—————} \quad 60 \text{ kg de } K_2O$$

$$X \text{ kg de KCl} \quad \text{—————} \quad 40 \text{ kg de } K_2O$$

$$X \text{ kg de KCl} = 100 \times 40 \div 60 = 67 \text{ kg de KCl}$$

Mistura de fertilizante a ser aplicada por hectare:

178 kg ureia + 372 kg SFT + 67 kg KCl = 617 kg/ha.

Opção A = 800 kg/ha da fórmula 10-20-5.

Opção B = 617 kg/ha da mistura.

Se o produtor tiver em mãos uma tabela de recomendação que sugere 60 kg/ha de N, correspondendo à aplicação de 300 kg de SA em adubação de cobertura, mas o adubo disponível na propriedade for a ureia (45% N), que cálculos deverá efetuar para saber a quantidade necessária de ureia a ser aplicada?

Solução: 100 kg de ureia ————— 45 kg de N

X kg de ureia ————— 60 kg de N

$X = 100 \times 60 \div 45 = 133 \text{ kg/ha de ureia}$

Cálculo de aplicação por unidade de área

Se a adubação calculada na opção A for utilizada na cultura do café, então será necessário determinar a quantidade de adubos por cova/planta, supondo que a cultura do café tem um espaçamento de 3,0 m x 1,50 m = 4,5 m².

Considerando que 1 ha possui 100 m x 100 m = 10.000 m².

Número de covas por hectare = $10.000 \text{ m}^2 \div 4,5 \text{ m}^2 = 2.222 \text{ covas}$.

Então, $800.000 \text{ g} \div 2.222 \text{ covas} = 360 \text{ g por cova}$.

Se a cultura a ser adubada for a do milho, com espaçamento de 0,90 m x 0,20 m = 0,18 m². Então $10.000 \text{ m}^2 \div 0,18 \text{ m}^2 = 55.555 \text{ covas}$.

Então, $800.000 \text{ g} \div 55.555 \text{ covas} = 14,4 \text{ g por cova}$.

Se a cultura a ser adubada for a da soja, com espaçamento de 0,50 m entre linhas. Então, $10.000 \text{ m}^2 \div 0,50 \text{ m} = 20.000 \text{ m de sulco}$.

Então, $800.000 \text{ g} \div 20.000 \text{ m} = 40 \text{ g/m de sulco}$.

Referência

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1975. 346 p.

Literatura recomendada

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 737-768.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1989. 35 p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

OSAKI, F. Prática da Adubação. In: OSAKI, F. **Calagem e Adubação**. 2. ed. rev. e amp. Curitiba: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. Cap. 8, p. 191-310.