

Série Tecnologia APTA

Boletim Técnico IAC, 208

Fertilizantes: Cálculo de Fórmulas Comerciais



Paulo Espíndola TRANI
André Luis TRANI

Instituto Agrônômico (IAC)
Campinas, março de 2011



Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agrônômico

Governador do Estado de São Paulo
Geraldo Alckmin

Secretário de Agricultura e Abastecimento
João de Almeida Sampaio Filho

Secretário-Adjunto
Antônio Júlio Junqueira de Queiroz

Chefe de Gabinete
Antonio Vagner Pereira

Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Orlando Melo de Castro

Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônômico
Hamilton Humberto Ramos

FERTILIZANTES: CÁLCULO DE FÓRMULAS COMERCIAIS

Paulo Espíndola TRANI

André Luis TRANI

T 772f Trani, Paulo Espíndola

Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais / Paulo Espíndola Trani, André Luis Trani / Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 29p. online (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 208).

ISSN: 1809-7936

1. Fertilizantes I. Trani, André Luis II. Título III. Série

CDD 631.8

A eventual citação de produtos e marcas comerciais, não expressa, necessariamente, recomendações do seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de anuência expressa do Instituto Agronômico.

Comitê Editorial do IAC

Rafael Vasconcelos Ribeiro - Editor-chefe

Oliveiro Guerreiro Filho - Editor-assistente

Dirceu de Mattos Júnior - Editor-assistente

Equipe Participante desta Publicação

Revisão de vernáculo: Maria Angela Manzi da Silva

Coordenação da Editoração: Marilza Ribeiro Alves de Souza

Editoração eletrônica e Capa: Cíntia Rafaela Amaro

1.ª Capa: Fertilizantes de diferentes composições, formas, tamanhos e cores.

Foto: José Maria Breda Jr. - COOXUPÉ - Núcleo de São José do Rio Pardo, SP.

4.ª Capa: Fabricação e processamento de fertilizantes.

Foto: Vitor Voigt - Limeirense Fertilizantes em parceria com a Bunge Fertilizantes - Limeira, SP.

Instituto Agronômico

Centro de Comunicação e Transferência do Conhecimento

Av. Barão de Itapura, 1.481

13020-902 Campinas (SP) BRASIL

Fone: (19) 2137-0600 Fax: (19) 2137-0706

www.iac.sp.gov.br

Tiragem: 2.000 exemplares (março de 2011)

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	2
2. CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS FERTILIZANTES COMPONENTES DAS FÓRMULAS	4
2.1 Custo dos fertilizantes	4
2.2 Compatibilidade entre os fertilizantes	5
2.3 Garantias dos teores de nutrientes dos componentes das fórmulas	6
2.4 Umidade dos fertilizantes simples componentes das fórmulas	6
2.5 pH dos fertilizantes	7
2.6 Granulometria dos fertilizantes	9
2.7 Cor dos fertilizantes	10
2.8 Composição química, teores de nutrientes e solubilidade dos fertilizantes minerais	11
2.9 Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade dos fertilizantes minerais	15
2.10 Composição dos fertilizantes e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial	16
3. CONVERSÃO DE ELEMENTOS SIMPLES (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O) EM FÓRMULAS	20
4. CÁLCULO DAS FÓRMULAS DE FERTILIZANTES	21

5. FÓRMULAS COM FERTILIZANTES MINERAIS	22
6. FÓRMULAS COM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS	26
AGRADECIMENTOS	28
REFERÊNCIAS	28

FERTILIZANTES: CÁLCULO DE FÓRMULAS COMERCIAIS

Paulo Espíndola **TRANI** ⁽¹⁾

André Luis **TRANI** ⁽²⁾

RESUMO

Objetivando a orientação a engenheiros agrônomos, são apresentados os cálculos necessários para a elaboração de fórmulas comerciais de fertilizantes. São, também, apresentados os principais critérios para a escolha dos fertilizantes simples que compõem as fórmulas: custos dos fertilizantes; compatibilidade; teores de nutrientes; higroscopicidade; pH; granulometria; composição química; solubilidade; índice salino; índice de acidez, índice de alcalinidade e condutividade elétrica. Ainda, são incluídas informações sobre a conversão de elementos simples em fórmulas, bem como exemplos de diferentes composições de fórmulas com fertilizantes minerais e orgânicos.

Palavras-chave: composição de fertilizantes, adubos comerciais, formulações de fertilizantes.

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo, Dr. Centro de Horticultura, Instituto Agronômico de Campinas, Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP). E-mail: petrani@iac.sp.gov.br

⁽²⁾ Técnico Químico, Bacharel em Química. Petrobras - Refinaria de Paulínia (SP). E-mail: andretrani@hotmail.com

ABSTRACT

FERTILIZERS: CALCULATION OF COMMERCIAL FORMULAS

This bulletin is intended to provide agronomists with information on calculation of commercial formulas of fertilizers. The main topics considered for choosing single fertilizers components of these formulas are: cost of the fertilizers; compatibility; nutrient levels; higroscopicity; pH; particle size; chemical composition; solubility; salinity; acidity level, alkalinity level and electrical conductivity. Information on conversion of chemical elements to formulas are presented as well as examples of different formulations with mineral and organic fertilizers.

Key words: fertilizers composition; commercial fertilizers; fertilizers formulation.

1. INTRODUÇÃO

Os fertilizantes são insumos agrícolas que tem por finalidade fornecer nutrientes às plantas e aumentar a produtividade e qualidade das culturas em geral. Esses insumos também denominados adubos, participam com cerca de 15% até 25% dos custos de produção das culturas, principalmente quando ocorre o cultivo em solos de baixa e média fertilidade. Portanto, a escolha de quais fertilizantes e quantidade a aplicar deve ser criteriosa tendo sempre como base a análise do solo e se possível a análise foliar. A análise de solo, a exigência nutricional da cultura e o histórico do local a ser adubado permitem ao engenheiro agrônomo definir o tipo de fertilizante e a quantidade a ser utilizada. Os nutrientes podem ser aplicados separadamente com o uso dos fertilizantes simples ou conjuntamente com o uso de misturas que constituem as fórmulas de fertilizantes.

As fórmulas, embora possam ser produzidas na propriedade agrícola, normalmente vêm prontas das fábricas e misturadoras, as quais possuem equipamentos que proporcionam boa uniformidade entre seus componentes. É possível aos produtores rurais, por meio de associações e cooperativas, encomendarem aos fabricantes as fórmulas de adubos com as composições de nutrientes mais apropriadas às suas necessidades locais.

A fórmula de fertilizante corresponde à concentração expressa em porcentagem dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O). Os fertilizantes na verdade não contém P e K na forma de óxidos. Esta forma de

apresentação vem da tradição dos primórdios das análises químicas. Além disso, a concentração de nutrientes nos fertilizantes poderia ser expressa em g kg^{-1} , porém a legislação (BRASIL 2005, 2007) rege a apresentação em porcentagem. A legislação atual determina 21% como a soma mínima das concentrações de tais nutrientes para as fórmulas de fertilizantes minerais. As fórmulas muito concentradas, com soma de $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$ acima de 55% a 60% são difíceis de serem fabricadas, pois as matérias-primas mais disponíveis no comércio raramente atingem tais valores. Além do N, P e K, outros nutrientes como o enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e os micronutrientes também podem fazer parte das fórmulas, devendo ser indicadas sua presença e concentração. Vale lembrar que as fórmulas de fertilizantes organominerais requerem a soma de N, P_2O_5 e K_2O maior ou igual a 10%.

Dentre as fórmulas de fertilizantes minerais mais encontradas no comércio citam-se:

a) Para semeadura/plantio das culturas: 04-14-08; 08-28-16; 05-30-10; 05-30-15; 04-20-20 e 05-25-25.

b) Para aplicação em cobertura (adubações realizadas durante o desenvolvimento das culturas): 20-05-20; 20-00-20; 20-05-15; 14-07-28; 12-06-12; 10-10-10 e 15-15-15.

As fórmulas de baixa concentração (soma das concentrações de N, P_2O_5 e K_2O entre 21 e 30) e média concentração (soma das concentrações de N, P_2O_5 e K_2O entre 30 e 40) permitem a calibração dos equipamentos de distribuição com mais facilidade pois são aplicadas em maiores quantidades quando comparadas às fórmulas de alta concentração. É mais fácil a calibração de uma máquina distribuidora de adubo quando por exemplo, é recomendada a aplicação 300 kg por hectare da fórmula 04-14-08 para determinada cultura anual (tais como arroz, milho ou feijão). Uma fórmula com o dobro da concentração (08-28-16) terá que ser aplicada na metade da dose anterior (150 kg por hectare) o que mostra a necessidade de equipamento de maior precisão e maiores cuidados na distribuição nos sulcos de semeadura ou plantio. Outra vantagem das fórmulas de baixa e média concentrações é o fato de permitirem a formulação com fertilizantes que contém outros nutrientes além do N, P e K. Exemplificando, o superfosfato simples contém cálcio e enxofre na forma de sulfato de cálcio, conhecido como gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e o sulfato de amônio contém o enxofre na forma de SO_4^{2-} .

As fórmulas de alta concentração ($\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$ acima de 40) têm como principal vantagem permitir uma economia considerável no frete, especialmente quando a distância entre a fábrica (ou o distribuidor) e a propriedade agrícola estiver acima de 200 km.

2. CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS FERTILIZANTES COMPONENTES DAS FÓRMULAS

A escolha dos fertilizantes componentes das fórmulas depende de vários critérios e fatores, citando como principais: os custos, a compatibilidade entre os fertilizantes, os teores de nutrientes das matérias-primas, umidade destes materiais, pH do fertilizante, granulometria dos componentes que resultarão no tipo de fórmula (mistura granulada, mistura de grânulos ou farelada), cor das partículas e a composição química de cada fertilizante.

2.1 Custos dos fertilizantes

Exemplo: como comparar os preços de superfosfato triplo + nitrato de amônio *versus* MAP (fosfato monoamônico):

Preço do nitrato de amônio (dezembro / 2010) = R\$ 782,00 por tonelada (t) de fertilizante.

Preço do superfosfato triplo (dezembro / 2010) = R\$ 1084,00 por tonelada (t) de fertilizante.

Preço do MAP (dezembro / 2010) = R\$ 1348,00 por tonelada (t) de fertilizante.

1) Fixar o preço do N

a) do nitrato de amônio (com 33% N) = 330 kg N por tonelada de nitrato de amônio

$$\frac{\text{R\$ } 782,00}{330 \text{ kg N}} = \text{R\$ } 2,37 / \text{kg N do nitrato de amônio}$$

b) do MAP (com 10% N) = 100 kg N por tonelada de MAP

$$\frac{100 \text{ kg N} \times \text{R\$ } 2,37}{\text{t}} = \text{R\$ } 237,00 / \text{tonelada (fixado o valor do N)}$$

2) Comparar o preço do fósforo (P_2O_5)

a) Superfosfato triplo (com 44% P_2O_5) = 440 kg P_2O_5 por tonelada de superfosfato triplo

$$\frac{\text{R\$ } 1084,00}{440 \text{ kg } \text{P}_2\text{O}_5} = \text{R\$ } 2,46 / \text{kg } \text{P}_2\text{O}_5$$

b) Preço do fósforo do MAP (com 52% P₂O₅)

R\$ 1348,00/tonelada - R\$ 237,00/tonelada = R\$ 1111,00/tonelada

$$\frac{\text{R\$ } 1111,00 \times \text{tonelada}}{\text{tonelada}} \times \frac{\text{tonelada}}{520 \text{ kg P}_2\text{O}_5} = \text{R\$ } 2,14 / \text{kg P}_2\text{O}_5$$

Conclusão: É mais barato o preço do MAP em comparação com superfosfato triplo + nitrato de amônio.

2.2 Compatibilidade entre os fertilizantes

A qualidade dos fertilizantes é influenciada por características físicas (densidade, tamanho, forma, coesão, ângulo de repouso, consistência e fluidez das partículas), químicas (forma química, teores de nutrientes, presença de compostos nocivos) e físico-químicas (solubilidade, higroscopicidade, empedramento e índice salino).

Dois ou mais fertilizantes são compatíveis quando em sua mistura não ocorrer comprometimento de suas propriedades físicas, químicas e físico-químicas. A compatibilidade pode ser classificada de acordo com a natureza do fertilizante ou pela extensão (quantidade e proporção de cada componente) de sua mistura.

Quanto à extensão de mistura, são totalmente compatíveis os fertilizantes que podem ser misturados em quaisquer proporções. Os fertilizantes são totalmente incompatíveis quando um deles impossibilita a utilização de outro. Há os fertilizantes que têm compatibilidade limitada, podendo ser misturados apenas em certas proporções. É o caso da utilização da uréia na fabricação de fórmulas granuladas em que os fertilizantes inicialmente estão na forma de pó ou finamente moídos. Esta somente pode ser misturada em quantidades inferiores a 80 kg para cada 1 (uma) tonelada de mistura. Acima dessa quantidade, ocorrerão problemas de empedramento. No caso de misturas de grânulos a uréia pode participar em maiores quantidades e proporções em relação aos outros fertilizantes.

A incompatibilidade pode ocorrer no processo de mistura dos componentes da fórmula de fertilizante, como é no caso do empedramento e da perda de solubilidade. Além disso, durante a aplicação do fertilizante, pode ocorrer variação granulométrica ao longo da linha de distribuição, onde as partículas com menor grau de dureza se rompem por ação da pressão resultante entre estas e pelo esmagamento durante sua passagem pelo dosador.

A figura 1 mostra a compatibilidade entre os principais fertilizantes e corretivos de acidez, utilizados em formulações comerciais, destinadas à aplicação no solo.

Adubos orgânicos		COMPATÍVEIS: Podem ser misturados	
C	Nitrato de Sódio	CL	COMPATIBILIDADE LIMITADA: Podem ser misturados pouco antes da aplicação ou em proporções limitadas
C	Nitrato de Potássio	I	INCOMPATÍVEIS: Não podem ser misturados
C	Nitrocálcio		
C	Nitrato de Amônio		
C	Sulfato de Amônio		
C	Uréia		
C	Farinha de Ossos		
C	Fosfatos Naturais		
C	Superfosfato Simples		
C	Superfosfato Triplo		
C	MAP		
C	DAP		
CL	Escórias		
CL	Termofosfato		
C	Cloreto de Potássio		
C	Sulfato de Potássio		
C	Sulfato de Potássio e Magnésio		
CL	Cal Virgem, Hidrat., Calcários Calcin.		
CL	Calcários		

Figura 1. Compatibilidade entre fertilizantes e corretivos para obtenção de fórmulas comerciais, destinadas à aplicação no solo.

2.3 Garantias dos teores de nutrientes dos componentes das fórmulas

A qualidade dos materiais que compõem as fórmulas deve ser verificada com base em análises químicas e físicas.

O primeiro parâmetro a ser conferido é a porcentagem do nutriente da matéria-prima ou do fertilizantes simples, em relação ao que é garantido pelo fornecedor. Diferenças aparentemente pequenas de 1% a 2%, tais como as concentrações de P_2O_5 do superfosfato triplo de 44% para 43% ou até 42%, interferem na composição final da fórmula, principalmente quando o fertilizante simples tem expressiva participação sobre o total de nutrientes da fórmula.

2.4 Umidade dos fertilizantes simples componentes das fórmulas

A determinação da umidade da matéria-prima é fundamental para o controle de qualidade da fórmula de fertilizante. Por exemplo, a uréia com mais de 1,5% a 2% de umidade poderá acarretar problemas de empedramento ou “empastamento” na fórmula dependendo da quantidade com que participa sobre o total de fertilizantes da fórmula, além da queda no teor total de N. Um grande avanço da indústria dos fertilizantes foi o desenvolvimento de fertilizantes com partículas revestidas ou misturadas com aditivos anti-higroscópicos (Figura 2). O revestimento pode ser feito com polímeros que diminuem a higroscopicidade e proporcionam a liberação gradual do nitrogênio às plantas. A uréia e outros adubos podem ser revestidos pela aplicação de

produtos em pulverização tais como o enxofre elementar em pó, o ácido bórico, o sulfato de cobre, visando, além da diminuição da higroscopicidade, o fornecimento de nutrientes às plantas.



Figura 2. Uréia (45% N) recoberta com aditivo anti-umidade. (Foto: André Luis Trani).

2.5 pH dos fertilizantes

O pH de cada fertilizante a ser empregado na preparação da fórmula deve ser conhecido. Não devem ser misturados produtos de pH alcalino (acima de 7) com fertilizantes contendo o íon amônio (NH_4^+), pois ocorrerá desprendimento de amônia (NH_3). Pode-se também citar como exemplo a utilização preferencial do MAP ao invés do DAP em misturas líquidas com outros fertilizantes ou defensivos para aplicação via foliar ou em fertirrigação, posto que o DAP sendo de caráter alcalino ocasiona a formação de precipitados insolúveis neste tipo de mistura líquida. O pH (em água) de diversos fertilizantes e corretivos encontrados na indústria e no comércio é apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Valores de pH determinados para diferentes fertilizantes e corretivos

Fertilizante e/ou corretivo de acidez	pH
Sulfato de amônio*	4,2
Nitrato de amônio*	5,4
Nitrato de cálcio**	6,5
Uréia***	7,6
Nitrato de potássio**	6,5
Sulfonitrato de amônio*	4,0
Salitre do Chile (nitrato de sódio)*	9,6
Fosfato bicálcico*	7,0
Superfosfato simples*	3,0
Superfosfato triplo*	3,1
Fosfato parcialmente acidulado*	3,9
Fosfato de uréia**	2,7
Fosfato monopotássico (MKP)**	4,5
Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)**	2,6
Termofosfato*	9,3
Escória de siderurgia*	12,7
DAP (fosfato diamônico)*	7,5
MAP (fosfato monoamônico)*	3,7
KCl*	5,8
K ₂ SO ₄ *	5,7
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mag)*	5,3
FeCl ₃ *	1,2
ZnO*	8,2
Gesso agrícola (CaSO ₄ .2H ₂ O)*	5,9
Cal hidratada*	11,0
Calcário calcítico*	9,4
Calcário dolomítico*	9,9
Calcário magnesiano*	10,0
Calcário calcinado*	12,8

Obs.: Resultados observados em solução com a concentração de 1 g de fertilizante para 10 mL de água destilada (pH = 6,34).

*Fonte: ALCARDE, J.C. et al. (1990).

** Fonte: TRANI e CARRIJO (2004).

*** A uréia aplicada ao solo inicialmente causa a elevação do pH e após isso o acidifica.

2.6 Granulometria dos fertilizantes

Existem diferentes tipos de fertilizantes e de fórmulas quanto à granulometria ou seja, o tamanho de partículas de seus componentes: granulado e mistura granulada, mistura de grânulos, microgranulado, pó, farelado fino, farelado e farelado grosso. O fertilizante granulado e a mistura granulada é o produto constituído de partículas em que cada grânulo contém os elementos declarados ou garantidos do produto. Já a mistura de grânulos é o produto em que os grânulos contém, separadamente ou não, os elementos declarados ou garantidos do produto.

As fórmulas de adubos farelados possuem fertilizantes de diferentes tamanhos e formas o que poderá causar maior ou menor segregação dependendo da maneira de aplicação e a cultura a que se destina.

As fórmulas denominadas misturas granuladas são aquelas que tem os três componentes (N, P e K) em um só grânulo. Na fabricação, os produtos são misturados em pó e através de vários processos são unidos ou agregados em um só grânulo de formato arredondado.

Já as fórmulas denominadas mistura de grânulos referem-se à mistura em separado das partículas de fontes de N, P e K, de menor custo de fabricação. Diversos estudos apontam a diferença entre o diâmetro ou o tamanho das partículas de cada componente da fórmula como a principal causa da segregação dos fertilizantes quando aplicados ao solo. Portanto, quando da escolha dos fertilizantes a comporem a fórmula do tipo mistura de grânulos deve-se optar por aqueles cujo diâmetro das partículas sejam próximos entre si.

É possível a fabricação de fertilizantes simples com diferentes tamanhos de partículas, como os superfosfatos em pó e granulados (Figura 3), o gesso agrícola (Figura 4) e o MAP granulado e farelado (Figura 5).



Figura 3. Superfosfato triplo pó e superfosfato triplo granulado. (Foto: Marcela S. Muller).



Figura 4. Gesso agrícola granulado e em pó. (Foto: André Luis Trani).



Figura 5. MAP granulado e MAP farelado. (Foto: Vitor Voigt).

A escolha de qual tipo de fórmula (farelada, mistura granulada ou mistura de grânulos) dependerá de fatores como: preço da matéria-prima, maneira de aplicação (sulco, área total, ou cova) e equipamento de aplicação.

2.7 Cor dos fertilizantes

Embora a cor dos fertilizantes simples não interfira em sua qualidade final, deve-se ressaltar que a coloração do produto final é por vezes associada pelo produtor à maior ou menor “pureza” da fórmula. Por exemplo, no comércio

brasileiro é mais frequente a utilização do cloreto de potássio (KCl) avermelhado. Existe no comércio o KCl amarelado com a mesma concentração de K_2O e a mesma granulometria (Figura 6). Ainda, há o KCl branco, importante fonte solúvel de potássio utilizada no sistema de fertirrigação. No processo de fabricação do KCl ocorrem diferentes impurezas, que definem a cor e a viabilidade do uso quanto à maneira de aplicação (via solo ou água de irrigação). A variação na cor do KCl pode ocorrer conforme as características das jazidas de diferentes regiões. Também existem superfosfatos solúveis com diferentes graus de cinza dependentes da cor original dos fosfatos naturais utilizados na fabricação dos mesmos.



Figura 6. KCl vermelho e KCl amarelo com os mesmos teores de K_2O . (Foto: André Luis Trani).

2.8 Composição química, teores de nutrientes e solubilidade dos fertilizantes minerais

Deve-se conhecer a composição química, os teores de nutrientes e a solubilidade em água dos fertilizantes quando se objetiva o cálculo de fórmulas tanto para aplicação no solo como em fertirrigação. Na tabela 2, estão relacionados os fertilizantes e respectivos teores de nutrientes mais encontrados no comércio, em geral, próximos ao determinado por lei (BRASIL, 2007).

Tabela 2. Composição, teores de nutrientes e solubilidade dos fertilizantes minerais

Fertilizante	Fórmula	Teor do nutriente (%)	Solubilidade em água (g L ⁻¹)	
			a 20 °C	a 25 °C
Nitrogenados				
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	33	1.950	-
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15(N) 20(Ca)	1.220	3.410
Nitrato de sódio	NaNO ₃	16	730	920
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20(N) 24(S)	710	-
Uréia	CO(NH ₂) ₂	45	1.030	1.190
Fosfatados				
Superfosfato simples	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·2H ₂ O + CaSO ₄	18(P ₂ O ₅ CNA + H ₂ O) 15(P ₂ O ₅ H ₂ O) + 20(Ca) + 12(S)	20	-
Superfosfato triplo	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·2H ₂ O	43 a 46 (P ₂ O ₅ CNA + H ₂ O) 36 a 38(P ₂ O ₅ H ₂ O) + 12(Ca) + 1(S)	40	-
Termofosfatos	Diversas	16 a 18 (P ₂ O ₅ total) 12 a 16 (P ₂ O ₅ ac. citr. 2%) + Ca + Mg + Micro.	-	-
Fosfatos naturais	Ca ₃ (PO ₄) ₂	24 a 34 (P ₂ O ₅ total) 4 a 12 (P ₂ O ₅ ac. citr. 2%)	-	-
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	55 a 70 (P ₂ O ₅)	460	5.480
Potássicos				
Cloreto de potássio	KCl	60	347	-
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	50(K ₂ O) 18(S)	110	-
Sulfato de potássio e magnésio	K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄	21(K ₂ O) 10 (Mg) 21(S)	250	-

Continua

Tabela 2. Continuação

Fertilizante	Fórmula	Teor do nutriente (%)	Solubilidade em água (g L ⁻¹)	
			a 20 °C	a 25 °C
Nitrogenados-fosfatados				
Fosfato monoamônico (MAP)	NH ₄ H ₂ PO ₄	10(N) 52(P ₂ O ₅ CNA + H ₂ O) 44(P ₂ O ₅ H ₂ O)	230	-
MAP cristal (purificado)	NH ₄ H ₂ PO ₄	11(N) 60(P ₂ O ₅)	370	-
Fosfato diamônico (DAP)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	18(N) 45(P ₂ O ₅ CNA + H ₂ O) 38(P ₂ O ₅ H ₂ O)	430	-
Fosfato de uréia	CO(NH ₂) ₂ H ₃ PO ₄	18(N) 44(P ₂ O ₅)	625	alta
Nitrogenados-potássicos				
Nitrato de potássio	KNO ₃	13(N) 44(K ₂ O)	320	-
Salitre potássico	NaNO ₃ .KNO ₃	15(N) 14(K ₂ O)	623	-
Fosfo-potássicos				
Fosfito de potássio	KH ₂ PO ₃	58(P ₂ O ₅) 38(K ₂ O)	alta	alta
Fosfato monopotássico (MKP)	KH ₂ PO ₄	51(P ₂ O ₅) 33(K ₂ O)	230	330
Cálcicos				
Cloreto de cálcio penta-hidr.	CaCl ₂ .5H ₂ O	20	670	-
Cloreto de cálcio bi-hidr.	CaCl ₂ .2H ₂ O	27	980	-
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	CaSO ₄ .2H ₂ O	18(Ca) 16(S)	2,4	-
Magnesianos				
Nitrato de magnésio	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	9(Mg) 11(N)	720	-
Sulfato de magnésio	Mg(SO ₄) ₂ .7H ₂ O	9,5(Mg) 12(S)	710	-

Continua

Tabela 2. Conclusão

Fertilizante	Fórmula	Teor do nutriente (%)	Solubilidade em água	
			a 20 °C	a 25 °C
Micronutrientes				
Bórax ⁽¹⁾	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	11	-	-
Ácido bórico ⁽²⁾	H ₃ BO ₃	17	-	-
Colemanita	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ ·5H ₂ O	16(B) 19,5(Ca)	baixa	baixa
Ulexita	NaCaB ₅ O ₉ (OH) ₆ ·5H ₂ O	13(B) 10(Ca)	baixa	baixa
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	39	580	-
Molibdato de amônio ⁽³⁾	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	54(Mo) 7(N)	-	-
Sulfato de cobre	CuSO ₄ ·5H ₂ O	25(Cu) 12(S)	240	-
Minério de cobre	Diversas	15 a 40 (Cu)	baixa	baixa
Sulfato ferroso	FeSO ₄ ·7H ₂ O	19(Fe) 10(S)	330	-
Sulfato de ferro	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·4H ₂ O	23(Fe) 18 (S)	240	-
Cloreto férrico	FeCl ₃ ·6H ₂ O	20(Fe) 30(Cl)	92	-
Sulfato manganês ⁽⁴⁾	MnSO ₄ ·4H ₂ O	25(Mn) 14(S)	-	-
Óxido manganoso	MnO	50(Mn)	baixa	baixa
Minério de manganês	Diversas	15 a 30 (Mn)	baixa	baixa
Sulfato de zinco hepta-hidr.	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	21(Zn) 11(S)	960	-
Sulfato de zinco mono-hidr.	ZnSO ₄ ·H ₂ O	35(Zn) 17(S)	670	-
Óxido de zinco	ZnO	65 a 80 (Zn)	baixa	0,005
Minérios de zinco	Diversas	10 a 40 (Zn)	baixa	baixa
Sulfato de cobalto	CoSO ₄ ·7H ₂ O	22(Co)	330	-
Silicatos com micronutrientes	Fórmulas contendo B; Co; Cu; Mn; Fe; Mo; Ni; Zn	Diversas composições com micros e silício	baixa	baixa

(¹) Solubilidade a 0 °C: 21 g L⁻¹. (²) Solubilidade a 30 °C: 63 g L⁻¹. (³) Solubilidade a 0 °C: 430 g L⁻¹. (⁴) Solubilidade a 0 °C: 1.050 g L⁻¹.
 Fonte: TRANI e CARRIJO (2004); BRASIL (2007).

2.9 Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade dos fertilizantes minerais

O índice salino é o valor que indica o aumento da pressão osmótica de uma solução, produzido por determinado fertilizante em comparação com nitrato de sódio (de índice salino = 100). Na prática, deve-se evitar a utilização de fertilizantes de alta salinidade especialmente quando são aplicados em fertirrigação, pois acarretam a excessiva concentração de sais junto às raízes o que resultará em prejuízos ao desenvolvimento das plantas e consequentes perdas na produção.

A condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos, indicando indiretamente a salinização do solo.

O conhecimento dos índices de acidez e de alcalinidade dos fertilizantes é útil para se ter uma previsão das alterações que serão causadas por estes no pH do solo.

Antes do cálculo das fórmulas, é importante conhecer estas características dos fertilizantes, as quais podem interferir nas condições físico-químicas do solo e no desenvolvimento das plantas submetidas à adubação radicular (Tabela 3).

Tabela 3. Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade em fertilizantes minerais

Fertilizantes	Índice salino ⁽¹⁾	Condutividade elétrica ⁽²⁾ (mS cm ⁻¹)	Índice de acidez e alcalinidade ⁽³⁾
Nitrato de amônio	105	1,5	+ 62
Uréia	75	0,07	+ 71
Sulfato de amônio	69	2,1	+ 110
Nitrato de cálcio	52	-	- 20
Nitrato de sódio	100	-	- 29
Uran	-	1,1	+ 57
Fosfato monoamônico (MAP)	30	0,8	+ 58
Fosfato diamônico (DAP)	34	-	+ 75
Fosfato de uréia	-	1,2	-
Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)	-	1,7	+ 110
Cloreto de potássio	116	-	0
Sulfato de potássio	46	1,4	0
Nitrato de potássio	74	1,3	-
Sulfato de potássio e magnésio	43	-	0
Salitre potássico	92	-	- 29
Fosfato monopotássico (MKP)	8	-	0

(¹) Índice relativo ao nitrato de sódio (valor 100).

(²) Determinada na concentração de 1 g de fertilizante por litro de água.

(³) Sinal + (acidez): kg de CaCO₃ necessário para neutralizar 100 kg de fertilizante.

Sinal - (alcalinidade): kg de CaCO₃ "adicionados" pela aplicação de 100 kg de fertilizante.

Fonte: TRANI e CARRIJO (2004).

2.10 Composição dos fertilizantes e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial.

Os fertilizantes orgânicos têm importante função na melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo, além de fornecer de maneira parcial, os nutrientes para as plantas. Devido à baixa concentração de nutrientes, existe a necessidade da aplicação de grandes quantidades de fertilizantes orgânicos por área, o que encarece principalmente o transporte. Assim, uma boa alternativa consiste em misturá-los com os fertilizantes minerais obtendo-se fórmulas de fertilizantes organominerais.

Ressalte-se que na fabricação de fórmulas organominerais sólidas é importante realizar previamente a secagem dos fertilizantes orgânicos para que a umidade não dificulte a mistura e uniformização da fórmula final. A composição dos principais fertilizantes orgânicos é apresentada na tabela 4. As concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio são apresentadas na forma de porcentagem de N, P_2O_5 e K_2O , pois a atual legislação (BRASIL, 2005) assim o determina. Além disso, a apresentação do fósforo e do potássio dos fertilizantes orgânicos na forma de óxidos, possibilita o cálculo direto de misturas com fertilizantes minerais que têm as garantias de P e de K também nesta forma.

Tabela 4. Composição dos fertilizantes e resíduos orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial (elementos na matéria seca)

Materiais orgânicos	C/N	Umidade	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
		%	%	% matéria seca			
Esterco bovino fresco	16	62	26	1,6	1,6	1,8	0,5
Esterco bovino curtido	21	34	48	2,3	4,1	3,8	3,0
Esterco (cama) de frango de corte	22	28	48	2,2	2,4	2,7	2,3
Esterco de galinha	11	54	34	3,0	4,8	2,4	5,1
Esterco suíno	10	78	27	2,8	4,1	2,9	3,5
Esterco equino	25	61	35	1,4	1,3	1,7	1,1
Casca de café ⁽¹⁾	28	11	50	1,8	0,3	3,6	0,4
Farinha de ossos	4	6	16	4,1	27,3	4,3	23,2
Composto de lixo ⁽²⁾	27	41	27	1,0	0,8	0,7	1,9
Lodo de esgoto ⁽²⁾	11	50	34	3,2	3,6	0,4	3,2
Vinhaça <i>in natura</i>	17	95	20	1,2	0,4	8,0	2,0
Torta de filtro	21	65	32	1,5	1,7	0,3	4,6
Torta de mamona	9	9	49	5,2	1,8	1,6	2,0
Mucuna sp	20	87	46	2,3	1,1	3,1	1,5
Crotalária júncea	25	86	50	2,0	0,6	2,9	1,4
Milho	46	88	50	1,1	0,4	3,3	0,4

Materiais orgânicos	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-% matéria seca				mg kg ⁻¹ matéria seca		
Esterco bovino fresco	0,3	0,3	15	16	2100	276	87
Esterco bovino curtido	0,9	0,3	24	38	3512	335	329
Esterco (cama) de frango de corte	0,6	0,4	36	93	1300	302	228
Esterco de galinha	1,1	0,4	27	230	3200	547	494
Esterco suíno	1,3	0,6	16	937	3700	484	673
Esterco equino	0,5	0,2	10	22	2732	226	85
Casca de café ⁽¹⁾	0,1	0,1	33	18	150	30	70
Farinha de ossos	0,4	-	0,4	2	11	2	18
Composto de lixo ⁽²⁾	0,2	0,2	3	181	8300	-	432
Lodo de esgoto ⁽²⁾	1,2	0,4	37	870	36000	408	1800
Vinhaça <i>in natura</i>	0,8	1,0	-	100	144	13	60
Torta de filtro	0,5	0,6	11	119	22189	576	143
Torta de mamona	0,9	0,2	30	80	1423	55	141
Mucuna sp	0,3	0,3	30	23	370	103	66
Crotalária júncea	0,3	0,2	20	7	281	60	14
Milho	0,2	0,2	16	10	120	110	25

Fonte: adaptado de BERTON (1997) (tabela ampliada pelos autores).

(¹) Produto obtido a partir do beneficiamento do café em coco, formado pela casca do fruto e o pergaminho.

(²) Resíduos urbanos (composto de lixo e lodo de esgoto) são proibidos seu uso em hortaliças, raízes e tubérculos conforme Resolução CONAMA 375/06.

Obs: P₂O₅ / 2,29 = P; K₂O / 1,20 = K; CaO / 1,4 = Ca; MgO / 1,66 = Mg; SO₄²⁻ / 3 = S; MO% / 1,8 = C%

Dentre os fertilizantes orgânicos utilizados em fórmulas organominerais vem ganhando importância a torta de filtro de cana-de-açúcar. A torta de filtro é produzida durante o processo de tratamento e filtragem do caldo da cana para a produção do açúcar e do etanol. Para ser utilizada em formulações com outros fertilizantes deve ser previamente compostada para diminuição da umidade até cerca de 40% e estabilização da relação C/N para valores próximos a 10/1. Isso é em geral alcançado através da mistura prévia com fertilizantes fosfatados (fosfatos naturais, superfosfatos e termofosfatos). As características químicas da torta de filtro, representativas de amostras obtidas em 20 usinas de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo (LUZ e VITTI, 2009) são citadas na tabela 4. Existem diversos equipamentos que auxiliam no processo de compostagem da torta de filtro e de outros produtos orgânicos, como aquele apresentado na figura 7.



Figura 7. Compostagem de torta de filtro de cana-de-açúcar através de equipamento do Centro de Tecnologia Canavieira (ex-Copersucar). Piracicaba. (Gentileza: Célio Manechini).

Embora com menor disponibilidade no comércio, existem outros materiais de origem animal úteis para a obtenção de fórmulas orgânicas e organominerais.

O Instituto Agrônomo de Campinas realizou pesquisas com fertilizantes orgânicos à base de casco e chifres bovino (CAVALLARO JUNIOR et al., 2009) (Figura 8) e com o ensilado de peixes (ESPÍNDOLA FILHO et al., 2001) (Figura 9), os quais mostraram efeitos positivos sobre a produção de diversas espécies de hortaliças.



Figura 8. Fertilizante de casco e chifres bovino em pó e farelado. (Foto: Jorge Kuhn Neto).



Figura 9. Fertilizante (ensilado) de peixe farelado e em pó. (Foto: Antonio Espíndola Filho).

A farinha de casco e chifres (FCC) tem as seguintes características: pH = 7,0; carbono (C) = 45,3%; relação C/N = 3,1; macronutrientes (em % da matéria seca): N total = 14,4; P_2O_5 (ac. cítrico a 2%) = 0,6; P_2O_5 (total) = 0,9; K_2O (total) = 4,2; cálcio (Ca) = 0,3; magnésio (Mg) = 0,1; enxofre (S) = 2,4; micronutrientes (em $mg\ dm^{-3}$): zinco = 115; manganês = 23; cobre = 12; ferro = 731; B (água quente) = 0,9.

O ensilado de peixe possui as seguintes características: pH = 6,4; umidade = 10,0%; carbono (C) = 34,4%; relação C/N = 4,7; macronutrientes (em % da matéria seca): N (total) = 7,3; P₂O₅ (total) = 6,4; K₂O (total) = 0,8; cálcio (Ca) = 10,0; magnésio (Mg) = 0,2; micronutrientes (em mg dm⁻³): zinco = 51; manganês = 400; cobre = 45; ferro = 552.

3. CONVERSÃO DE ELEMENTOS SIMPLES (N+P₂O₅+K₂O) EM FÓRMULAS

As recomendações de adubação com base na análise de solo são apresentadas na forma de quantidades de nutrientes (gramas ou quilos) por área plantada (metro quadrado ou hectare). O engenheiro agrônomo deve transformar quantidades de nutrientes recomendadas pelas tabelas de adubação em fórmulas como é apresentado a seguir.

Recomenda-se aplicar, por exemplo, as seguintes quantidades de nutrientes:

$$N = 10 \text{ kg ha}^{-1}; P_2O_5 = 60 \text{ kg ha}^{-1}; K_2O = 30 \text{ kg ha}^{-1}$$

1) Calcular a relação entre os nutrientes:

$$N = 10 / 10 = 1; P_2O_5 = 60 / 10 = 6; K_2O = 30 / 10 = 3$$

Portanto, a relação é 1:6:3

2) Multiplicar a relação por múltiplo inteiro para termos a fórmula:

Por exemplo, multiplicamos por 5:

A fórmula encontrada é 05-30-15

3) Calcular a quantidade da fórmula que deverá ser aplicada:

Toma-se um nutriente qualquer da fórmula, por exemplo, o valor correspondente ao K₂O:

$$100 \text{ kg da fórmula } 05-30-15 \dots\dots\dots 15 \text{ kg } K_2O$$

$$X \dots\dots\dots 30 \text{ kg } K_2O \text{ necessários}$$

$$X = 200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ da fórmula } 05-30-15, \text{ que deverão ser aplicados.}$$

Conforme a legislação em vigor (BRASIL, 2007) não é permitida a fabricação de fórmulas com fertilizantes minerais cuja soma N+P₂O₅+K₂O seja inferior a 21%. Por exemplo: a fórmula 05-10-05 atinge apenas 20% não sendo permitida sua fabricação. No caso de fórmulas com fertilizantes organominerais a soma mínima de N+P₂O₅+K₂O é 10%.

4. CÁLCULO DAS FÓRMULAS DE FERTILIZANTES

A seguir, será apresentado o cálculo para composição de algumas fórmulas através de dois métodos: convencional e rápido.

Ex: cálculo da fórmula 04-14-08:

Método de cálculo convencional

Por exemplo, temos os seguintes fertilizantes: sulfato de amônio (20% N); superfosfato simples (18% P_2O_5) e superfosfato triplo (44% P_2O_5); cloreto de potássio (60% K_2O).

O cálculo é feito para obtenção de 1000 kg da fórmula 04-14-08

1. Obtenção N:

1000 kg sulfato de amônio 200 kg N
 a 40 kg N a = **200 kg sulfato de amônio**

2. Obtenção K_2O :

1000 kg KCl 600 kg K_2O
 b 80 kg K_2O b = **134 kg KCl**

3. Obtenção P_2O_5 :

200 kg sulfato de amônio + 134 kg KCl = 334 kg desses fertilizantes
 1000 kg da fórmula - 334 kg = 666 kg de superfosfato simples (X) e superfosfato triplo (Y) que faltam para completá-la.

Temos 2 equações e 2 incógnitas: X e Y

Primeira equação: $X + Y = 666$

Segunda equação: $18X + 44Y = 14000$ sendo 18 a porcentagem de P_2O_5 do superfosfato simples, 44 a porcentagem de P_2O_5 do superfosfato triplo e o número 14000 refere-se ao resultado da multiplicação de 14% da fórmula por 1000 kg do fertilizante.

Conforme a primeira equação, teremos: $X = 666 - Y$

Substituindo X por Y na segunda equação, teremos:

$$18 \times (666 - Y) + 44Y = 14000$$

$$11988 - 18Y + 44Y = 14000$$

$$26Y = 2012$$

$$Y = 77$$

Portanto, temos **77 kg de superfosfato triplo**

Ainda se: $X + Y = 666$

tem-se $X = 666 - 77 = \mathbf{589 \text{ kg de superfosfato simples}}$

Para conferir o cálculo deve ser feito o seguinte:

$$\frac{77 \text{ kg} \times 44\% \text{ P}_2\text{O}_5}{1000} = 3,4$$

$$\frac{589 \text{ kg} \times 18\% \text{ P}_2\text{O}_5}{1000} = 10,6$$

Confere, pois a soma $3,4 + 10,6 = 14$ corresponde a % de P_2O_5 da fórmula 04-14-08.

Método de cálculo rápido

Para chegar rapidamente à fórmula 04-14-08 com os mesmos fertilizantes podemos realizar o seguinte cálculo:

$$\frac{4\% \text{ da fórmula} \times 1000}{20\% \text{ N}} = \mathbf{200 \text{ kg de sulfato de amônio}}$$

$$\frac{8\% \text{ da fórmula} \times 1000}{60\% \text{ K}_2\text{O}} = \mathbf{134 \text{ kg de KCl}}$$

$$1000 \text{ kg} - 334 \text{ kg (soma dos dois fertilizantes acima)} = 666 \text{ kg}$$

$$666 \times 18\% \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ (do superfosfato simples)} = 11988$$

$$14000 - 11988 = 2012$$

$$\frac{2012}{26} = \mathbf{77 \text{ kg de superfosfato triplo}}$$

(26 é a diferença entre 44% P_2O_5 do superfosfato triplo e 18% do superfosfato simples)

666 kg (que faltam para completar a fórmula) - 77 kg de superfosfato triplo = **589 kg de superfosfato simples.**

5. FÓRMULAS COM FERTILIZANTES MINERAIS

A proporção dos nutrientes das fórmulas de fertilizantes baseia-se, principalmente, em dois fatores: as características químicas dos solos e as necessidades nutricionais das plantas. Por exemplo: as fórmulas destinadas ao plantio das culturas têm maior proporção de fósforo em relação aos demais nutrientes (04-14-08; 05-30-15, etc.) em decorrência da maior parte dos solos brasileiros ser pobre neste nutriente, sendo necessário adicioná-lo por ocasião do plantio.

As fórmulas para cobertura das plantas, em geral, contêm maior proporção de N e K em relação ao P, devido à maior extração e exportação destes nutrientes durante o desenvolvimento das culturas e a sua exportação pelas colheitas. A proporção entre o N e o K das fórmulas varia conforme a exigência nutricional da cultura. Por exemplo, temos a fórmula 14-07-21 para

aplicação em banana e cana-soca, culturas que extraem e exportam significativas quantidades de potássio.

Na escolha e no cálculo dos componentes das fórmulas, procedimento denominado “formulação”, deve-se considerar os fatores anteriormente mencionados como o custo dos fertilizantes, a compatibilidade, granulometria, etc.

Para que um programa de fertilização da cultura tenha pleno sucesso, não se deve esquecer da calagem, aplicação de calcário que permite a correção da acidez do solo, original ou causada pela maior parte dos fertilizantes minerais. É também possível a mistura de calcário, de preferência magnesiano ou dolomítico, nas formulações de fertilizantes.

Fórmulas de fertilizantes sólidos para aplicação no solo em plantio ou em cobertura:

02-14-06 (com micron.)*

(granulado)

Calcário dolomítico	100 kg
Salitre do Chile (NaNO ₃)	130 kg
Superfosfato triplo	100 kg
Superfosfato simples	540 kg
Cloreto de potássio	100 kg
Silicatos com micron.	<u>30kg</u>
	1000 kg

*Citar as concentrações (garantias).

04-14-08 + 0,05% B + 0,4% Zn

(granulado)

Nitrato de amônio	31 kg
Sulfato de amônio	150 kg
Superfosfato triplo	90 kg
Superfosfato simples	570 kg
Cloreto de potássio	134 kg
Sulfato de zinco	20 kg
Bórax	<u>5 kg</u>
	1000 kg

05-25-20 + 0,1% B + 0,6% Zn +

0,04% Mo + 0,02% Co

(granulado para soja)

Sulfato de amônio	85 kg
MAP	227 kg
DAP	82 kg
Superfosfato triplo	230 kg
KCl	334 kg
Ulexita	10 kg
Sulfato de zinco	30 kg
Molibdato de sódio	1 kg
Sulfato de cobalto	<u>1 kg</u>
	1000 kg

05-25-25

DAP	295 kg
Superfosfato triplo	288 kg
Cloreto de potássio	<u>417 kg</u>
	1000 kg

05-30-15

Nitrato de amônio	40 kg
DAP	218 kg
Superfosfato triplo	492 kg
Cloreto de potássio	<u>250 kg</u>
	1000 kg

08-28-16

Nitrato de amônio	76 kg
DAP	324 kg
Superfosfato triplo	333 kg
Cloreto de potássio	<u>267 kg</u>
	1000 kg

10-10-10

(granulado)

Nitrato de amônio	31 kg
Sulfato de amônio	450 kg
Superfosfato triplo	155 kg
Superfosfato simples	197 kg
Cloreto de potássio	<u>167 kg</u>
	1000 kg

**10-28-06 + 0,1% B + 0,3% Zn +
0,4% Cu**

(granulado para eucalipto)

Uréia	67 kg
Sulfato de amônio	100 kg
DAP	295 kg
Superfosfato triplo	338 kg
Superfosfato simples	55 kg
Cloreto de potássio	100 kg
Ulexita	10 kg
Minério de zinco	19 kg
Sulfato de cobre	<u>16 kg</u>
	1000 kg

06-35-12

MAP	100 kg
DAP	295 kg
Superfosfato triplo	405 kg
Cloreto de potássio	<u>200 kg</u>
	1000 kg

10-05-20

Uréia	67 kg
Sulfato de amônio	350 kg
Superfosfato simples	224 kg
Superfosfato triplo	25 kg
Cloreto de potássio	<u>334 kg</u>
	1000 kg

10-10-10 + 0,09 % B + 0,3% Zn

(granulado)

Uréia	56 kg
Sulfato de amônio	312 kg
DAP	80 kg
Superfosfato simples	362 kg
Cloreto de potássio	167 kg
Borax	8 kg
Sulfato de zinco hepta-hidr. ...	<u>15 kg</u>
	1000 kg

12-06-12 + 0,09 % B + 0,2% Zn

(granulado)

Uréia	46 kg
Sulfato de amônio	465 kg
DAP	41 kg
Superfosfato simples	230 kg
Cloreto de potássio	200 kg
Borax	8 kg
Sulfato de zinco	<u>10 kg</u>
	1000 kg

14-07-21 + 0,6% Zn + 0,1% B

(granulado)

Sulfato de amônio	400 kg
Uréia	70 kg
DAP	160 kg
KCl	350 kg
Óxido de zinco	10 kg
Ulexita	10 kg
	1000 kg

20-05-15

Nitrato de amônio	630 kg
Superfosfato triplo	120 kg
Cloreto de potássio	<u>250 kg</u>
	1000 kg

20-05-20

Nitrato de amônio	548 kg
DAP	118 kg
Cloreto de potássio	<u>334 kg</u>
	1000 kg

23-07-23

Uréia	456 kg
DAP	160 kg
Cloreto de potássio	<u>384 kg</u>
	1000 kg

Fórmula de fertilizante líquido para aplicação foliar ou fertirrigação*:

13-04-08

Uréia (46% N)	239,0 kg
HNO ₃ (13%N)	19,5 kg
Fosfato monoamônico puro (MAP) (12% N e 61% P ₂ O ₅)	29,0 kg
Fosfato monopotássico (MKP) (51,5% P ₂ O ₅ e 34,2% K ₂ O)	40,0 kg
KNO ₃ (13,5% N e 46,5% K ₂ O)	109,2 kg
K ₂ SO ₄ (50% K ₂ O)	31,7 kg
Fosfato de sódio (66,5% P ₂ O ₅)	3,9 kg
Sulfato de magnésio mono-hidratado (16% Mg)	7,5 kg
Ácido bórico (17,5% B)	0,11 kg
Sulfato de manganês (32% Mn)	0,05 kg
Sulfato de cobre (25% Cu)	0,08 kg
Sulfato de zinco (22,5% Zn)	0,14 kg
Sulfato de ferro (20% Fe)	0,60 kg
Molibdato de amônio (54% Mo)	0,006 kg
Água	<u>519,214 kg</u>
	1000,000 kg

d=1,35 g cm⁻³ a 25°C

N total = 13,00%; P₂O₅ (ác. e água) = 4,00%; K₂O (água) = 8,00%;
Mg = 0,120%; B = 0,002%; Mn = 0,0016%; Cu = 0,002%; Zn = 0,0032%;
Fe = 0,012%; Mo = 0,0003%.

* Os teores mínimos de macro e micronutrientes das fórmulas, na forma líquida, estabelecidos por lei (BRASIL, 2007) variam conforme a maneira de aplicação: diretamente no solo, via fertirrigação, ou em aspersão foliar.

6. FÓRMULAS COM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS

O fertilizante organomineral é o produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes orgânicos e minerais. O fertilizante orgânico propicia a melhoria das condições físicas, físico-químicas e biológicas do solo. Tal fertilizante é útil tanto no sistema convencional como no sistema orgânico de produção de alimentos. A relação de substâncias e produtos autorizados para uso em fertilização e correção do solo em sistemas orgânicos de produção pode ser encontrada em BRASIL (2009).

Observa-se um gradativo crescimento na utilização de fórmulas de fertilizantes organominerais para produção de diversas culturas entre elas, hortaliças e frutíferas.

Os motivos da quantidade limitada de fórmulas contendo fertilizantes orgânicos em sua composição são: pouca disponibilidade de matéria-prima; desuniformidade de diversos adubos orgânicos quanto às condições físicas (umidade, granulometria); custos relativamente elevados para obtenção e transporte destes e os poucos equipamentos apropriados para misturas de matéria-prima. Na fabricação dos fertilizantes organominerais devem ser conhecidas as normas e especificações das recentes leis dos Fertilizantes (BRASIL, 2005; BRASIL, 2007).

Destacam-se as seguintes especificações:

I - carbono orgânico total: mínimo de 8% (equivale a 14,4% de matéria orgânica).

II - umidade máxima: 25%

III - CTC mínima: 80 (oitenta) $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$

IV - quanto aos macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados do produto, estes deverão ter no mínimo:

a) para os macronutrientes primários (N, P ou K) ou soma destes (NP, NK, PK ou NPK): 10%;

b) para a soma dos macronutrientes secundários: 5%, ou para a soma dos micronutrientes: 4%

A seguir, são apresentadas algumas fórmulas organominerais e suas composições.

02-08-04

Torta de mamona*	150 kg
Cama de frango**	300 kg
Superfosfato simples	200 kg
Farinha de ossos***	170 kg
Sulfato de pot. e mag.	<u>180 kg</u>
	1000 kg

02-16-06 + 0,03% B + 0,07% Zn

Torta de mamona*	170 kg
Superfosfato simples	190 kg
Farinha de ossos***	400 kg
Termofosfato****	140 kg
Cloreto de potássio	<u>100 kg</u>
	1000 kg

* Torta de mamona pré-fermentada com 5,0 % N; 1,6 % P_2O_5 e 1,3 % K_2O

** Cama de frango com 2,5% N; 1,5% P_2O_5 e 0,5% K_2O

*** Farinha de ossos com 3% N; 25% P_2O_5 e 3 % K_2O

**** Termofosfato com 16% P_2O_5 ; 0,2% B; 0,5% Zn

03-12-06

Uréia	60 kg
Torta de filtro de cana-de-açúcar*	340 kg
Termofosfato magnésiano (17% P_2O_5)	100 kg
Superfosfato simples	100 kg
Fosfato natural (com 27% P_2O_5)	300 kg
Cloreto de potássio	<u>100 kg</u>
	1000 kg

04-04-04

Salitre do Chile ($NaNO_3$)	120 kg
Torta de mamona	200 kg
Cama de frango**	300 kg
Fosfato natural (27% P_2O_5)	100 kg
Sulfato de potássio e magnésio	170 kg
Silagem de pescado***	<u>110 kg</u>
	1000 kg

* Torta de filtro (pré-compostada) de cana-de-açúcar com 1,5% N; 1,8% P_2O_5 e 0,3% K_2O

** Cama de frango com 2,5% N; 1,5% P_2O_5 e 0,5% K_2O

*** Silagem de pescado com 7% N; 6% P_2O_5 ; 1% K_2O

06-03-06

Sulfato de amônio	280 kg
Torta de filtro de cana*	460 kg
Superfosfato simples	160 kg
Cloreto de potássio	<u>100 kg</u>
	1000 kg

07-07-07

Farinha de casco e chifres bovino**	400 kg
Cama de frango***	250 kg
Farinha de ossos****	250 kg
Sulfato de potássio	<u>100 kg</u>
	1000 kg

* Torta de filtro (pré-compostada) de cana com 1,5% N; 1,8% P_2O_5 e 0,3% K_2O

** Farinha de casco e chifres bovino com 14% N; 1% P_2O_5 ; 4% K_2O

*** Cama de frango com 2,5% N; 1,5% P_2O_5 e 0,5% K_2O

**** Farinha de ossos com 3% N; 25% P_2O_5 e 3 % K_2O

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os colegas: Ana Maria Rabetti, Antonio Espíndola Filho, Arnaldo A. Rodella, Bárbara E. P. Fernandes, Carlos Alberto Martins Tavares, Célio Manechini, Elaine B. Wutke, Flávia M. M. Bliska, Francisco A. Passos, Giuliana Menconi Breda, Jorge Kuhn Neto, José Carlos Feltran, José Maria Breda Jr., Leonardo Paresqui, Luiz Henrique Carvalho, Marcela S. Muller, Marcelo A. Vieira da Rocha, Maria Emília Matiazzo, Nayde Machado, Oliveira Guerreiro Filho, Otavio A. Camargo, Pedro Henrique de C. Luz, Ricardo Marques Coelho, Roberto A. Thomaziello, Ronaldo S. Berton, Sérgio Drago, Ulisses Maestri Gonçalves e Vitor Voigt, pelas sugestões e pelo incentivo à elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. et al. **Características químicas**: determinações do pH de soluções ou suspensões de fertilizantes e corretivos. Piracicaba: ESALQ, 1990.10p. (Relatório)

BERTON, R. S. Adubação orgânica. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p.30-35. (Boletim Técnico IAC, 100)

BRASIL. Instrução normativa n.º 23, de 31 de agosto de 2005. Definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União n.º 173**, Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, DF, 08 set. 2005. Seção 1, p.12. Disponível em: <<http://www.dfasp.gov.br>>. Acesso em: 20/7/2007.

BRASIL. Instrução normativa n.º 05, de 23 de fevereiro de 2007. Definições e normas sobre as especificações e garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União n.º 41**, Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, DF, 01 mar. 2007. Seção 1, p.1- 43.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação para sistemas orgânicos de produção animal e vegetal**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 195p.

CAVALLARO JUNIOR, M.L.; TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; KUHN NETO, J.; TIVELLI, S.W. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação (N e P) orgânica e mineral. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.347-356, 2009.

ESPÍNDOLA FILHO, A.; OETTERER, M.; TRANI, P.E.; ASSIS, A. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativado. **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**, São Paulo, v.4, n.1, p.52-61, 2001.

FELTRAN, J.C.; CORRÊA, J. C.; BRANCALIÃO, S.R.; VILLAS BOAS, R.L. Segregação física e química de fertilizantes formulados. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.188-196, 2006.

JACOB, A.; UEXKÜLL, H. van. **Fertilización**: nutrición e abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4.ed. México: Ediciones Euroamericanas, 1973. 626p.

KUMMER, K.F. "Bulk blending" no es alternativa alguna para fertilizantes complejos NPK. **BASF Reportes Agrícolas**, n.3, p.14-17, 1989.

LUZ, P.H.C; VITTI, G.C. Novas gerações de fertilizantes organominerais e suas contribuições para o aumento da produtividade no Brasil. In: FÓRUM ABISOLO, s.n, 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Abisolo, 2009. 1 CD-ROM.

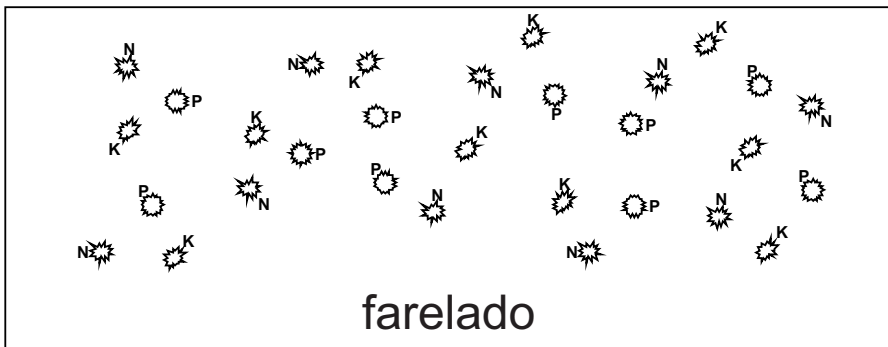
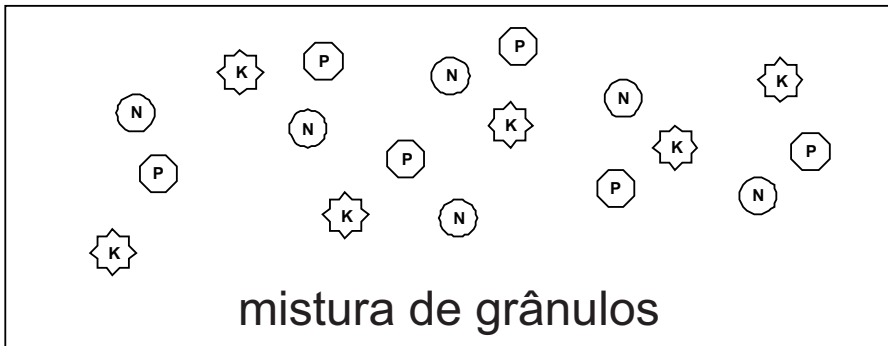
MALAVOLTA, E. **Fertilizantes**: controle de qualidade. São Paulo: Associação Nacional para Difusão dos Adubos (ANDA), 1978. 39p. (Boletim Técnico, s.n.)

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

TRANI, P.E.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2004. 58p. (Boletim Técnico IAC, 196)

YAMBANIS, P.; TRANI, P.E. **Apontamentos e tabelas sobre fórmulas e formulações de fertilizantes**. Santo André: IAP - Indústria Agropecuária, 1975.

Granulometria dos fertilizantes: principais tipos de fórmulas





SECRETARIA DE
AGRICULTURA E ABASTECIMENTO



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO
CADA VEZ MELHOR