

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO
DE FERTILIZANTES COM DIFERENTES
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.**

Charles Soares Padilha

**Florianópolis / SC
2005**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO
DE FERTILIZANTES COM DIFERENTES
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.**

**Relatório de estágio do curso de Agronomia
Nome do Aluno: Charles Soares Padilha
Orientador: Darci Odílio Paul Trebien
Supervisor: Jânio Topanotti Milaneis
Empresa: Fertipar Fertilizantes do Paraná Ltda**

**Florianópolis / SC
2005 - 1**

AGRADECIMENTOS

Registro meu sincero agradecimento a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Minha Família

Darci Odílio Paul Trebien

Jânio Topanotti Milaneis

Luiz Renato D'Agostini

Eder Rickler

Ricardo

Gerson

Sérgio

Charles

ÍNDICE

1. NUTRIENTES.....	10
1.1 Macronutrientes Primários.....	10
1.1.1 Nitrogênio.....	10
1.1.2 Fósforo.....	10
1.1.3 Potássio.....	10
1.2 Macronutrientes Secundários.....	10
1.2.1 Cálcio.....	10
1.2.2 Magnésio.....	11
1.2.3 Enxofre.....	11
1.3 Micronutrientes.....	11
1.3.1 Boro.....	11
1.3.2 Cobre.....	11
1.3.3 Ferro.....	11
1.3.4 Manganês.....	11
1.3.5 Molibdênio.....	11
1.3.6 Zinco.....	11
1.3.7 Cobalto.....	11
1.3.8 Cloro.....	12
1.3.9 Silício.....	12
2. FERTILIZANTES.....	12
3. MATÉRIAS PRIMAS.....	13
3.1 Fornecedoras de Nitrogênio.....	13
3.1.1 Amônia.....	13
3.1.2 Nitrato de Amônio.....	16
3.1.3 Sulfato de Amônio.....	16
3.1.4 Uréia.....	17
3.2 Fornecedoras de Fósforo.....	18
3.2.1 Superfosfatos.....	22
3.2.1 a) Superfosfato Simples.....	22
3.2.1 b) Superfosfato triplo.....	23
3.2.2 Fosfato Natural Reativo.....	24
3.3 Fornecedoras de Potássio.....	25
3.3.1 Sulfato de Potássio.....	25
3.3.2 Cloreto de Potássio.....	26
3.4 Macronutrientes Secundários.....	27
3.4.1 Cálcio.....	27
3.4.2 Magnésio.....	27
3.4.3 Enxofre.....	27
3.5 Micronutrientes.....	27
4. INCOMPATIBILIDADE.....	29
4.1 Principais incompatibilidades.....	30
5. QUALIDADE.....	32
5.1 Tamanho de partículas.....	32
5.2 Empedramento.....	33

5.2.1 Higroscopicidade.....	34
5.2.2 Tempo de estocagem.....	34
5.2.3 Granulometria.....	34
5.2.4 Minimização do problema de empedramento.....	34
5.3 Segregação.....	35
5.3.1 Segregação devido à vibração.....	35
5.3.2 Segregação devido à formação de cones.....	36
5.3.3 Segregação devido à ação balística.....	36
5.4 Dureza dos Grânulos.....	37
5.4.1 Resistência ao esmagamento de grânulos.....	37
5.4.2 Resistência à abrasão.....	37
5.4.3 Resistência ao impacto.....	37
5.5 Densidade aparente.....	37
5.5.1 Densidade específica aparente.....	39
5.6 Umidade crítica relativa.....	40
6. PROTEÇÃO EM ARMAZÉNS.....	40
7. SGN, IU, MQI.....	41
7.1 SGN.....	41
7.2 IU.....	41
7.3 MQI.....	42
8. FERTILIZANTES COM ÓLEO “EXTRA”.....	43
9. SUPER N.....	44
10. FORMULAÇÃO DE ADUBOS.....	45
11. GARANTIAS DE MISTURAS.....	46
11.1 Calculo de garantia.....	47
12. OUTRAS LEIS.....	50
13. DISCUSSÃO.....	51
14. ENSAIO.....	52
15. BIBLIOGRAFIA.....	78
16. ANÁLISE DO ESTÁGIO.....	79

LISTA DE TABELAS

Lista Relatório

Tab 1. Preparação de adubos nitrogenados a partir da amônia	15
Tab 2. Compostos fosfatados que integram os adubos	19
Tab 3. Preparação dos Adubos Fosfatados	21
Tab 4. Principais matérias primas e suas garantias	28
Tab 5. Garantias dos Micronutrientes	28
Tab. 6 Quadro de compatibilidade	30
Tab 7. Densidade das matérias primas	38
Tab 8. Quadro com umidade crítica relativa de produtos puros e mistura de produtos	40
Tab 9. Quantidade empregada e garantia das matérias primas	45
Tab 10. Tabela para cálculo de fórmulas	49

Lista Ensaio

Tab 1. Características físicas das matérias primas empregadas	58
Tab 2. Quadro de análise, médias e medidas	59

LISTA DE FIGURAS

Lista Relatório

Figura 1. Locais de atuação	9
Fig 2. Organograma da empresa	9
Fig 3. Esquema de produção dos principais matérias primas nitrogenadas	14
Fig 4. Esquema de mistura, produção de formulado	31
Fig 5. Perdas de NH ₃	44

Lista Ensaio

Fig 1. Croqui demonstrando uma repetição	57
Fig 2. Modelo de coletores com dispositivo anti-ricochete de grade	57
Fig 3. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	61
Fig 4. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	62
Fig 5. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	63
Fig 6. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	64
Fig 7. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	65
Fig 8. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	66
Fig 9. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	67
Fig 10. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	68
Fig 11. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	69
Fig 12. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	70
Fig 13. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa	71
Fig 14. Variação da concentração de N e K ₂ O ao longo da faixa	72
Fig 15. Volume aplicado ao longo da faixa	73
Fig 16. Variação do teor de N e K ₂ O entre os tratamentos	74
Fig 17. Dosagem aplicada de 36-00-12, transformada em quilogramas por hectare	75

INTRODUÇÃO

Os vegetais, partindo do C,H e O retirados do ar e água e de nutrientes do solo, com auxílio da luz solar, realizam a fotossíntese, formando, celulose, amido, açúcares, gorduras, proteínas e vitaminas.

Mas, se no processo fotossintético, faltar o suporte de nutrientes, o resultado será a produção deficiente de uma série de compostos, resultando em um mau desenvolvimento da planta, e conseqüente perda na qualidade de produção e na produtividade.

Para dar o suporte necessário às plantas, para o seu perfeito desenvolvimento o elo da cadeia produtiva que mais facilmente pode ser controlado e monitorado, já que foi amplamente estudado é o dos nutrientes no solo, como a água, e os demais nutrientes minerais, que são a forma em que são absorvidos pelas plantas.

Este trabalho visa interar o leitor sobre a importância dos nutrientes minerais para a nutrição e produtividade das plantas, bem como para a preservação da fertilidade do solo, além da descrição de aspectos relacionados à industrialização e noções sobre qualidade de produção, para que o produto final, o fertilizante, possa garantir à planta a expressão de todo seu potencial genético.

O relatório está subdividido em duas partes, sendo que a primeira tem por objetivo descrever aspectos relevantes observados na produção de fertilizantes, a segunda visa descrever um ensaio realizado no decorrer do estágio, relacionado a qualidade de aplicação a campo.

1. NUTRIENTES

Segundo a Legislação:

Nutriente: elemento essencial e/ou benéfico para o crescimento e produção dos vegetais;

Macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K);

Macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S);

Micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Zinco (Zn), Cobalto (Co) e Silício (Si).

1.1 Macronutrientes Primários:

1.1.1 Nitrogênio

- Faz parte da molécula de clorofila, indispensável à fotossíntese. Promove a coloração verde das folhas.
- É integrante das proteínas vegetais.
- Auxilia na formação da folhagem.
- Favorece o rápido crescimento da planta.

1.1.2 Fósforo

- Faz parte dos compostos essenciais ao metabolismo vegetal (adenosinas, fosfolípídeos, ácidos nucléicos, etc.), que participam de fenômenos importantes como respiração, fotossíntese e comunicação genética.
- Estimula o crescimento e formação de raízes.
- Auxilia na floração e na formação das sementes.
- Acelera a maturação.
- Favorece o desenvolvimento das bactérias do solo.
- Melhora o valor dos alimentos e forrageiras.

1.1.3 Potássio

- Ativa as enzimas que atuam na fotossíntese, respiração, etc.
- Auxilia na formação de amidos e açúcares.
- Dá vigor às plantas, aumentando-lhe a resistência.
- Melhora a qualidade dos frutos.
- Promove maiores colheitas e melhor desenvolvimento dos grãos e sementes.

1.2 Macronutrientes Secundários:

1.2.1 Cálcio

- Tem papel importante na reprodução celular.
- Colabora na formação de raízes e de sementes.
- Auxilia a absorção de outros nutrientes.
- Enriquece o valor dos alimentos e forrageiras.

1.2.2 Magnésio

- Faz parte da clorofila, sendo indispensável para a fotossíntese.
- Auxilia na formação de óleos e gorduras.
- Auxilia a absorção de outros nutrientes, principalmente o fósforo.

1.2.3 Enxofre

- Faz parte dos aminoácidos (metionina, cistina, etc.), que integram as proteínas vegetais.
- Entra na constituição de vitaminas, enzimas, etc.
- Colabora na formação do sistema radicular e da parte aérea de plantas.
- Permite melhor atuação dos elementos nitrogênio e fósforo.
- Estimula a maturação e o desenvolvimento das sementes.
- Promove melhor nodulação das leguminosas, aumentando a fixação simbiótica do nitrogênio.

1.3 Micronutrientes:

1.3.1 Boro

- Essencial para o tecido em crescimento ativo na fase jovem.
- Necessário para a viabilidade do pólen e boa formação da semente.
- Fixa o cálcio na parede da célula.

1.3.2 Cobre

- Constituinte principal de uma enzima necessária na fotossíntese.
- Muito importante durante o estágio reprodutivo da planta.

1.3.3 Ferro

- Promove a formação da clorofila.
- Age como carregador de oxigênio na formação de sistemas respiratórios.

1.3.4 Manganês

- Faz parte de importantes enzimas envolvidas na respiração e na síntese de proteínas.

1.3.5 Molibdênio

- Essencial para a fixação de nitrogênio pelas bactérias dos nódulos de leguminosas.
- Essencial para a realização da redutase do nitrogênio.

1.3.6 Zinco

- Importante como catalisador para reguladores de crescimento em plantas e no aproveitamento de outros nutrientes.
- Afeta a maturidade da planta.

1.3.7 Cobalto

- Tem papel importante como integrante da vitamina B12.
- Fixação do N atmosférico.

1.3.8 Cloro

- Essencial para o crescimento das plantas.
- Atua na absorção de fósforo pelas plantas.

1.3.9 Silício:

O silício foi recentemente incluído na Legislação brasileira de fertilizantes como um micronutriente. Entre os principais benefícios destacam-se: aumento da tolerância ao estresse abiótico (hídrico e fitotoxidez) e bióticos (ataque de pragas e doenças).

A deposição de silício junto à cutícula das folhas confere proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresses de natureza biótica e abiótica. O silício ocorre com maior frequência nas regiões onde a água é perdida em grande quantidade, ou seja na epiderme foliar. Esses depósitos de sílica no tecido foliar promovem a redução na taxa de transpiração.

Além do efeito na transpiração, a deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos. Isso ocorre pela associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (resistência mecânica).

Existem vários trabalhos de pesquisa que destacam o a importância do Si em aliviar a toxicidade do Manganês e Alumínio. Entre as prováveis hipóteses para explicar o comportamento dos silicatos na redução da toxidez do Mn e Al estão: a) aumento do pH; b) a capacidade dos silicatos (SiO_4) em promover a oxidação do Mn na rizosfera; c) pelo aumento do tecido aerenquêmico e conseqüente maior transferência de O_2 da parte aérea para o sistema radícula e a sua capacidade em aumentar a redistribuição do Mn na folha.

2. FERTILIZANTES

De acordo com a legislação brasileira, fertilizante é toda aquela substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes das plantas.

São subdivididos em:

I - fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

II - fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos;

III - fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes.

As fórmulas de adubos quando sólidas podem se enquadrar, quanto ao aspecto físico na seguinte classificação:

- **Mistura de grânulos:** produto em que os grânulos contenham, separadamente ou não, os elementos declarados ou garantidos do produto.

- **Granulado e Mistura granulada:** constituído de partículas em que cada grânulo contenha os elementos declarados ou garantidos do produto.

3. MATÉRIAS PRIMAS

3.1 Fornecedoras de Nitrogênio:

Embora o ar que envolve a Terra contenha 78% de nitrogênio, a grande maioria das plantas retira esse elemento do solo para o atendimento de suas necessidades nutricionais. No solo, a fonte natural de nitrogênio é a matéria orgânica. O nitrogênio orgânico, para ser assimilado pelos vegetais, precisa sofrer o ataque de microorganismos. Assim, as bactérias amonificantes transformam o N orgânico em N amoniacal e posteriormente as bactérias nitrificantes transformam o N amoniacal em N nítrico. Essas duas últimas formas de nitrogênio são consideradas diretamente assimiláveis pelos vegetais.

O N amoniacal (NH_4^+), sendo um íon de carga elétrica positiva, além de assimilável pelas plantas, possui a vantagem de se fixar às partículas coloidais do solo, principalmente às partículas de argila que são carregadas negativamente na periferia. Por essa razão seu aproveitamento pelos vegetais é maior.

O N nítrico (NO_3^-) é totalmente solúvel em água e de aproveitamento imediato pelas plantas. Sendo um íon negativo, não se fixa nas argilas e é facilmente arrastado pelas águas de infiltração.

A produção de adubos nitrogenados em todo mundo somente é possível a baixo custo, quando tem a sua origem na produção de amônia sinteticamente em grande escala.

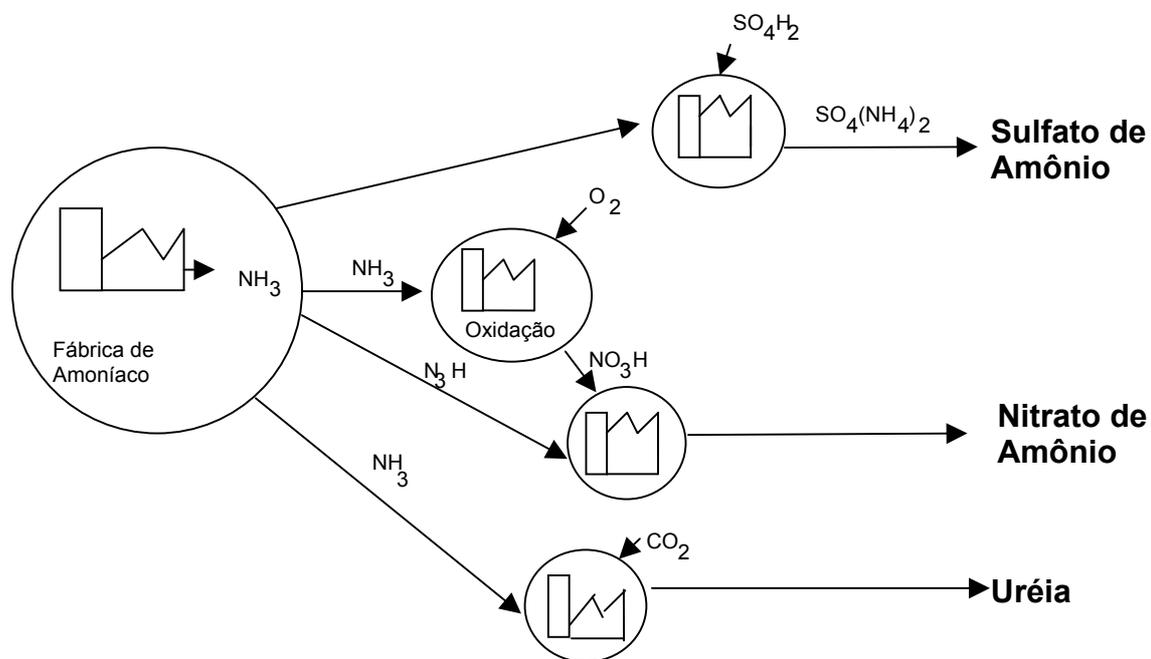
A uréia, o nitrato de amônio e os fosfatos amoniacais são adubos produzidos hoje por estes processos e com maiores concentrações de nutrientes.

3.1.1 Amônia:

Produzida a partir de nitrogênio do ar e do hidrogênio dos hidrocarbonetos de diversas origens. Como: derivados do petróleo, gás natural, carvão vegetal e mineral, coque entre outros, através do uso de temperaturas altas, pressões elevadas e com o auxílio de catalisadores.

Os adubos nitrogenados têm sua origem nesta matéria-prima, conforme figura abaixo.

Fig 3. Esquema de produção dos principais matérias primas nitrogenadas:



Tab 1. Preparação de adubos nitrogenados a partir da amônia:

Amônia	+ Ácido Nítrico = Nitrato de amônio	A reação da amônia com ácido nítrico dá como resultado, o nitrato de amônio, adubo que apresenta 50% de seu nitrogênio na forma nítrica e 50% na forma amoniacal.
Amônia	+ Ácido sulfúrico = Sulfato de amônio	Reagindo a amônia com o ácido sulfúrico obtém-se o sulfato de amônio. Esse composto pode ser também obtido como subproduto de usinas siderúrgicas, pois as águas da lavagem dos gases que se volatilizam na queima do carvão dentro das coqueiras, são ricas em amônia. Esse adubo, além de conter nitrogênio, contém 22 a 24% de enxofre.
Amônia	+ Gás Carbônico = Uréia	A uréia é resultante da ação do gás carbônico sobre a amônia sob condições de pressão elevada. O produto resultante contém alta percentagem de nitrogênio na forma amídica, sendo um dos adubos nitrogenados de maior consumo no mundo.
Amônia	+ Ácido Fosfórico = Fosfato de Amônio	A ação do ácido fosfórico sobre a amônia dá origem a dois adubos que contém além do nitrogênio, elevadas percentagens de fósforo: o MAP e o DAP.
Amônia	+ água+ diversos compostos = Soluções e suspensões amoniacais	As soluções em suspensões amoniacais podem conter variadas percentagens de N e outros nutrientes. São aplicadas por via líquida.
Nitrato de amônio	+ calcário = Nitrocálcio	O nitrocálcio resulta da mistura de nitrato de amônio com calcário finamente moído. Da mesma maneira que o nitrato de amônio, 50% do seu nitrogênio se apresenta na forma nítrica e 50% na forma amoniacal.
Nitrato de amônio	+ Sulfato de Amônio = Sulfonitrato de Amônio	Pela mistura quente de soluções de nitrato e sulfato de amônio, chega-se ao sulfonitrato de amônio. O sulfonitrato de amônio, além de N nas formas amoniacais e nítricas, contém S.

3.1.2 Nitrato de Amônio:

Obtenção:

- A) Produção de N_2 e do O_2 a partir da destilação do ar líquido;
- B) Produção de H_2 a partir da combustão dos gases residuais da refinação do petróleo;
- C) Síntese do NH_3 , a partir do N_2 e do H_2 , submetidos a altos valores de temperatura e pressão;
- D) Oxidação do N do NH_3 em presença de catalisador;
- E) Síntese do NH_4NO_3 .

Características:

Cristais incolores, higroscópicos e deliçescentes com aproximadamente 32,5 a 33,5 de N, metade na forma nítrica e metade na forma amoniacal. A absorção de água é atenuada granulando o produto e revestindo os grânulos com cera ou agentes em pó.

Outro grande inconveniente do nitrato de amônio é o seu caráter explosivo energético. Sob condição de calor elevado que pode ocorrer durante o armazenamento, principalmente na presença de matéria orgânica, pode explodir.

3.1.3 Sulfato de Amônio:

Obtenção:

Reação entre o ácido sulfúrico diluído e a amônia. Concentrando-se a solução dá-se a cristalização do sal, que é seco através do uso de centrífugas e secadores artificiais.

Características:

Apresenta forma cristalina ou branca quando o NH_3 é obtido sinteticamente, ou acinzentado quando o NH_3 é obtido da destilação da hulha. Possui de 22 a 24% de S solúvel em água, mas não higroscópico. É fisiologicamente ácido.

Emprego (Nitrato e sulfato de amônio):

Associam duas formas de N que apresentam dinamismo no solo: a forma nítrica, prontamente assimilável pelos vegetais, mas sujeita a perda através das águas de drenagem e a forma amoniacal retida pelos colóides do terreno e se nitrificando gradualmente constitui uma fonte de fornecimento de azoto a prazo maior.

Todos os fertilizantes deste grupo apresentam como desvantagem a possibilidade de perdas do N nítrico nas águas de percolação, ou na forma gasosa, devido a desnitrificação, em solos mal arejados. Na forma gasosa também o N pode se perder como NH_3 em terrenos alcalinos. Entretanto, a presença das formas nítrica e amoniacal no mesmo adubo constitui uma vantagem.

O nitrato de amônio acidifica o solo devido a nitrificação, às altas colheitas que removem grandes quantidades de bases e também devido ao fato de não adicionar nenhum elemento alcalino ao solo.

No que se refere às misturas de adubos o nitrato de amônio devido à sua higroscopicidade e deliçescencia não é indicado, a não ser em quantidades pequenas.

Cuidados especiais devem ser tomados para não se misturarem adubos deste grupo com fertilizantes alcalinos.

3.1.4 Uréia:

O emprego da uréia sintética como fertilizante teve grande impulso a partir de 1935, quando ela pode ser vendida a preço competitivo com os outros adubos nitrogenados.

Obtenção:

Os processos de fabricação de uréia existentes se baseiam na reação do CO_2 com o NH_3 sob condições de elevada pressão e temperatura. Forma-se primeiro carbamato de amônio que em seguida, se decompõe em uréia e água. A solução é evaporada, a uréia cristalizada em seguida é centrifugada e seca, podendo ser fundida ou granulada.

Características:

Possui de 45-46% de N na forma amídica, de pronta solubilidade em água. É um produto branco, apresenta-se na forma cristalina ou granulada. Não é tão higroscópica quanto ao nitrato de amônio ou cálcio, mas possui pronunciada tendência a empedrar.

A uréia empregada como fertilizante às vezes é misturada com 4 a 8% de materiais condicionantes, cuja finalidade é diminuir ou eliminar a tendência de aglutinação e garantir boa fluidez.

Emprego:

É o adubo nitrogenado mais concentrado, o que torna mais barato o transporte, o armazenamento e a aplicação; é de fácil manejo e não é corrosiva.

A rapidez da ação da uréia depende da velocidade da nitrificação que o seu N sofre no solo. Tal reação produz um pequeno aumento no pH do solo. Mas o efeito final da uréia é de acidificação devido a nitrificação.

Não deve ser empregada com muita antecedência ao plantio, pois, havendo calor e umidade excessiva, o N da uréia se nitrifica muito rapidamente, podendo haver perdas por lixiviação e faltando umidade o N se transforma em amônia, sendo perdido por volatilização.

3.2 Fornecedoras de Fósforo:

Existem normalmente nos solos agrícolas, quantidades de fósforo que variam de 300 a 6.000kg por hectare. Desse fósforo total, apenas pequena parcela, (30 a 300 gramas por hectare) tem condições de ser prontamente assimilada pelos vegetais, encontrando-se solubilizada no solo.

Essa parcela é chamada de “fósforo na solução do solo”. Durante o ciclo vegetativo da planta, o fósforo existente na solução do solo, à medida que vai sendo absorvido pelo vegetal, vai sendo repostado a partir de uma fração do fósforo total denominada “fósforo lábil” (lábil significa que cede, que libera). O P lábil pode atingir 10 a 30% do P total e constitui a fonte de fósforo disponível para as plantas.

As análises de solos, mostram que nas terras agrícolas existem quantidades de fósforo disponíveis que variam de 1 a 100 por hectare. Essa é a quantidade de fósforo em condições de ser assimilada pelos vegetais. O fósforo restante encontra-se na forma de compostos ainda não solubilizados, de difícil solubilização ou totalmente insolúveis. Esta última fração é chamada de fósforo não lábil. Estes valores referem-se à camada superficial do solo (0 a 20 cm).

Boa parte do fósforo aplicado no solo não tem condições de ser assimilado. Apenas de 5 a 20% tem condições de ser assimilado contra 60 a 80% de aproveitamento do nitrogênio e 50 a 70% do potássio. Essa baixa percentagem de assimilação do fósforo decorre de fenômenos de absorção e oclusão que se verificam no solo, denominados de fenômenos de fixação.

Assim, além de atender o fluxo de absorção do vegetal, boa parte do fósforo aplicado é absorvido pelas argilas e sesquióxidos e vai integrar o P lábil, enquanto outra parte reage principalmente com o ferro e o alumínio do solo formando compostos insolúveis que vão integrar o P não lábil.

Essas reações de fixação que ocorrem no solo são reversíveis e o fósforo insolubilizado pode voltar, em condições diferentes, a ser novamente liberado para os vegetais. A fixação e liberação do fósforo dependem de diversos fatores, entre os quais é da maior importância o nível de acidez no solo.

O aproveitamento pela planta do fósforo que integra os adubos não só está ligado às características do solo e às reações que ali passam, como também ao tipo de composto fosfatado que foi utilizado.

O fósforo é um elemento não renovável. As rochas fosfáticas têm origens diferentes e são classificadas de acordo com sua formação original. Desta forma, temos, basicamente, três tipos de rochas fosfáticas.

Sedimentares: formação pela deposição acumulada, em camadas, de ossadas e esqueletos de animais marinhos no fundo de águas calmas, como lagunas.

Ígneas: originam-se da solidificação do magma de erupções vulcânicas. A formação destes depósitos é cônica e seus cristais apresentam-se duros.

Metamórficas: intermediárias, isto é, tem formação sedimentar mas sofrem intemperismos.

Devido às formações geológicas diferentes, as rochas, geram propriedades físico-químicas diferentes, entre os tipos de rocha.

As ígneas são duras com cristais grandes, não porosas, de baixa reatividade, pequena área superficial específica e com estrutura de cristais mais arranjada.

As rochas fosfáticas sedimentares possuem grande porosidade, logo, menor peso específico e maior área superficial, alto grau de substituição isomórfica e grande reatividade.

Já no que diz respeito às metamórficas, ocupam espaços intermediários entre as ígneas e as sedimentares.

A matéria prima para a produção dos adubos fosfatados, é o minério encontrado em jazidas e na sua quase totalidade constituído de fosfato de cálcio, sendo o principal a apatita.

Costuma ser uma diferença entre a apatita como sendo um mineral primário ígneo, cristalino, e Fosforita Mineral secundário sedimentar.

A reatividade das rochas fosfáticas está ligada ao grau de substituição isomórfica do fosfato $(\text{PO}_4)^{-3}$ pelo carbonato $(\text{CO}_3)^{-2}$, onde a posição vaga é assumida pelo flúor $(\text{F})^{-1}$.

A substituição ocorre na formação da rocha, de modo que substituindo o fosfato trivalente por um carbonato divalente e plano, cria um desequilíbrio na arquitetura do cristal.

É devido a essa reação que aumenta a reatividade química do mineral, logo, quanto maior o grau de substituição, mais fácil se torna à quebra do cristal, a solubilização da molécula e a liberação do fósforo para o solo.

As reservas de fosfatos naturais do Brasil possuem estimativas variáveis e crescentes, porque estão sendo utilizadas, devido ao melhor estudo dos depósitos conhecidos e a descoberta de novas jazidas. A concentração de P_2O_5 no minério é variável conforme a sua origem que vai de 5% a 30%.

Tab 2. Compostos fosfatados que integram os adubos:

Adubo	Composto Fosfatado
Superfosfato simples Superfosfato duplo Superfosfato triplo	Fosfato Monocálcio
Fosfato bicálcio Ou Fosfato precipitados	Fosfato bicálcio
Farinha de ossos Escórias Termofosfatos Fosforitas Apatitas	Fosfato tricálcio
MAP	Fosfato monoamônico
DAP	Fosfato diamônico

Os materiais básicos na preparação dos adubos fosfatados são os fosfatos naturais, os quais apresentam normalmente forma de apatitas e fosforitas.

As apatitas são minerais de origem ígnea, com rede cristalina definida. Podem-se apresentar como cloro, flúor, oxi, hidroxí e carbonapatita, são geralmente de difícil solubilização, a não ser em ácidos fortes.

As fosforitas são minerais sedimentares, residuais de origem orgânica. Trata-se de um material amorfo, mais facilmente solubilizável do que as apatitas.

Sob o ponto de vista de solubilidade, pode-se classificar os adubos fosfatados da seguinte maneira:

1. Produtos que contém P_2O_5 prontamente solúvel em água
 - Superfosfato simples
 - Superfosfato triplo
 - Fosfato monoamônico
 - Fosfato diamônico
 - Polifosfato de amônio
2. Produtos que não contém P_2O_5 solúvel em água, porém quase totalmente solúvel em ácidos fracos:
 - Farinha de ossos
 - Escórias
 - Termofosfatos
 - Fosfato bicálcico
3. Produtos que não contém P_2O_5 solúvel em água e tem seu fósforo parcialmente solúvel em ácidos fracos:
 - Fosforitas
 - Apatitas

Os adubos químicos podem apresentar garantias de fósforo das seguintes formas:

Fósforo total: é a quantidade total de fósforo existente no adubo (solúvel e não solúvel). Essa determinação é usada no caso de fosfatos naturais e de fosfatos parcialmente acidulados.

Fósforo solúvel em água: é a forma prontamente assimilável pelos vegetais.

Fósforo solúvel em citrato neutro de amônio: este extrator determina, com maior exatidão o P assimilável dos fosfatos acidificados (Super, MAP, etc.).

Fósforo solúvel em ácido cítrico a 2%: este extrator é usado no Brasil na relação 1:100 para avaliação da disponibilidade do fósforo existente nos fosfatos naturais.

O fósforo determinado pelo laboratório não expressa fielmente a eficiência agrônômica do produto; serve, porém, para dar uma noção da sua disponibilidade e, principalmente para comparar e controlar os diversos adubos fosfatados.

Os adubos fosfatados são produzidos a partir da rocha fosfatada, apatita ou fosforita, após o seu beneficiamento e concentração. Para transformar o fosfato tricálcio, de pouca solubilidade, em compostos mais solúveis, submetem-se as rochas a processos térmicos, com emprego de altas temperaturas ou processos químicos, pelo ataque de ácidos fortes.

Os fosfatos naturais, principalmente os de origem sedimentar, podem também, pela simples concentração e moagem, ser utilizados, para aplicação direta em diversos tipos de solo.

Tab 3. Preparação dos Adubos Fosfatados:

Apatita ou Fosforita	+ Moagem = Fosfato Natural Moído	Normalmente utilizam-se os fosfatos sedimentares, que através de moagens sucessivas, são reduzidas a partículas minúsculas. Em solos ácidos, os resultados das aplicações destes adubos são mais satisfatórios.
	+ Calor = Termofosfato	A rocha fosfatada, juntamente com compostos à base de sódio, cálcio ou magnésio, ou apenas sílica, é aquecida a altas temperaturas (1.500 ^o C) em fornos revestidos de material refratário. A massa fundida é resfriada e posteriormente moída.
	+ ácido Sulfúrico = Superfosfato Simples	O processo de preparação do superfosfato simples obedece aos seguintes passos: 1. Moagem – a rocha fosfatada é finamente moída; 2. Mistura e Reação – Nos reatores mistura-se a rocha fosfatada com ácido sulfúrico a 70%; 3. Cura – o material saído dos reatores fica em cura por 20 a 40 dias. Durante a cura completam-se as reações químicas iniciadas na fase anterior, que transformam o fosfato tricálcico em fosfato monocálcico; 4. Trituração e peneiração – depois da cura o material é submetido a nova moagem e depois de peneirado está pronto para ser utilizado diretamente ou na confecção de fórmulas de adubo. Este fertilizante contém boa quantidade de enxofre.
	+ Ácido Fosfórico = Superfosfato Triplo	O processo de preparação do superfosfato triplo é semelhante ao do superfosfato simples, substituindo-se o ácido sulfúrico pelo ácido fosfórico. O produto restante é, por conseguinte, bem mais concentrado em fósforo, embora não contenha enxofre.
	+ Ácido Clorídrico = Bifosfato ou Fosfato Bicálcio	O minério de fósforo é tratado pelo ácido clorídrico, havendo a formação de fosfato bicálcico que é depois precipitado pelo hidróxido de cálcio.
	+ Ácido Nítrico = Nitrofosfato	Os nitrofosfatos são fabricados pela ação do ácido nítrico sobre a rocha fosfatada moída. Em certos casos utilizam-se misturas de ácido nítrico + sulfúrico ou nítrico + fosfórico.
Ácido Fosfórico + Amônia	MAP	A fabricação de MAP é feita em três fases: 1. obtêm-se o ácido sulfúrico pela oxidação do enxofre e posterior combinação do anídrico sulfúrico com água; 2. ataca-se a rocha fosfatada com ácido sulfúrico concentrado, obtendo-se como resultado o ácido fosfórico; 3. reage-se o ácido fosfórico com amônia, passando-se posteriormente o produto por uma torre de micropulverização. O fosfato monoamônico (MAP) produzido, contém, além de fósforo, boa percentagem de N.
	DAP	O DAP também é produzido pela reação com ácido fosfórico com amônia, utilizando-se o dobro da quantidade de matéria prima nitrogenada. O produto resultante da reação é o fosfato diamônico (DAP), que contém maior quantidade de N e menor quantidade de P ₂ O ₅ que o MAP.
Escórias	Subproduto das indústrias siderúrgicas. O fósforo existente como impureza do minério de ferro é separado nas escórias e depois moído.	
Farinha de Ossos	Os ossos são fervidos, desengordurados ou submetidos à ação de vapor em autoclave e moídos.	

3.2.1 Superfosfatos:

Se 1830 a 1840 foram publicados na Europa diversos artigos, inclusive de Liebig que afirmava que o P das farinhas de ossos se tornava mais disponível às plantas pelo tratamento com ácidos. Em maio de 1842 Lawes e Murray obtiveram patente na Inglaterra, de um processo de produção de fertilizantes pelo tratamento de ossos, apatitas e fosforitas com ácido sulfúrico. Nesse momento nasceu a indústria dos superfosfatos.

Os superfosfatos são os fertilizantes fosfatados em que o fósforo se apresenta na forma mais solúvel, isto é, se solubiliza em água. Atualmente, existem no mercado três tipos deles: o superfosfato simples, o superfosfato triplo e o supertrinta, este tendo aparecido mais recentemente.

3.2.1 a) Superfosfato Simples (SSP – Single Super Phosphate):

Obtenção:

É o produto obtido pelo tratamento de apatitas ou de fosforitas por ácido sulfúrico. É conveniente que o minério fosfatado contenha mais de 50% de fosfato tricálcico e menos de 2% de óxidos de ferro e de alumínio. Se o teor destes for maior que 4%, o adubo resultante será prejudicado em suas propriedades físicas, além do que obriga o uso de maiores quantidades de H_2SO_4 . Outras impurezas, tais como CaF_2 , $CaCO_3$ também reagem com o H_2SO_4 .

Características:

O superfosfato simples é constituído principalmente de fosfato monocálcio mono-hidratado e de sulfato de cálcio. Há entretanto impurezas, tais como: fosfato bi e tricálcio, ácidos fosfóricos e sulfúricos livres, fosfatos e sulfatos de cálcio, magnésio, ferro, alumínio, sílica, matéria orgânica parcialmente atacada pelo ácido sulfúrico, entre outros.

Encontra-se no mercado sob duas formas: puerulento, esbranquiçado ou cinzento e granulado, cinzento.

Apresenta no mínimo 18 % e geralmente 19% de P_2O_5 , solúvel em citrato neutro de amônio mais água e 15% em água, além de no mínimo 8% de S e 16% de Ca, reação ácida (pH 4 a 5) e pequena higroscopicidade.

A fabricação consiste na mistura de 40 litros de água, 360 de H_2SO_4 sobre 600 kg do fosfato natural moído.

3.2.1 b) Superfosfato triplo(TSP – Triple Super Phosphate):

Obtenção:

O super triplo ou às vezes chamado de super duplo e super concentrado é obtido pelo tratamento de apatitas ou fosforitas com ácido fosfórico.

Uma grande vantagem do super triplo é que, nele, as impurezas cálcicas se transformam também em fosfato monocálcico, permitindo a utilização de fosfatos de rochas mais pobres em fósforo, porém, cujas impurezas sejam predominantemente constituídas por compostos de cálcio.

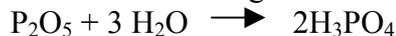
As operações mecânicas necessárias para a obtenção do super triplo são essencialmente iguais a do super simples e o ácido fosfórico é obtido a partir de duas maneiras:

No caso da via úmida, a rocha fosfática (nome tradicional do concentrado fosfático) é inicialmente atacada por ácidos inorgânicos - principalmente o ácido sulfúrico - dando assim origem ao ácido fosfórico e, a partir deste último, produzindo os superfosfatos triplos e os fosfatos de amônio (MAP e DAP), estes últimos através de reação com a amônia. A via seca utiliza como rota de solubilização das rochas fosfáticas o tratamento térmico. A fusão de concentrados apatíticos em escórias quentes resultantes da produção de ferro-ligas, por exemplo, seguida de um resfriamento rápido (quenching), dá origem a um termofosfato fundido que é excelente fertilizante fosfatado.

- a) Via úmida: Ataque do fosfato de rocha pelo ácido sulfúrico, formando o ácido fosfórico.



- b) Via seca: Fusão de uma mistura de sílica, coque e fosfato natural. Obtém-se o pentóxido de fósforo que é recolhido em água.



Características:

Produto amorfo, pulverulento, acinzentado ou em grânulos. Possui no mínimo 41% em geral, 43 a 48% de P_2O_5 , solúvel em citrato neutro de amônio mais água e no mínimo 36% de P_2O_5 solúvel em água, além de no mínimo 10% de Ca. Experimentalmente tem sido obtido até com 54% de P_2O_5 . Possui reação ácida e é pouco higroscópico.

O super triplo apresenta como vantagem sobre o super simples o maior teor de P_2O_5 e em certas condições a pobreza ou falta de enxofre.

Retrogradação: é a diminuição no teor de P_2O_5 solúvel de um superfosfato. Pode ocorrer durante o armazenamento do adubo ou após sua aplicação no solo.

No primeiro caso, ela é representada pela diferença entre as concentrações de P_2O_5 solúvel logo após a preparação do adubo e depois do período de armazenamento. Várias são as causas responsáveis:

- Presença de sesquióxidos ao minério;
- Reação entre fosfato tricálcio não atacado pelo ácido e o fosfato monocálcico;
- Reação que ocorre durante a secagem artificial do produto;
- Reação entre o H_3PO_4 e o CaCO_3 não atacado, formando fosfato tricálcico.

No solo a retrogradação se deve a uma série de reações, muitas das quais pouco conhecidas, recebe o nome particular de fixação.

Emprego:

Devido ao fato de serem solúveis em água, os superfosfatos são os adubos fosfatados mais usados no mundo, seja em mistura, seja aplicado diretamente. É ainda por esse motivo que são os mais indicados para plantas de ciclo curto e para os locais onde as condições de solo não permitem maior solubilidade de fosfatos menos solúveis.

Um fenômeno importante que atinge os superfosfatos é a fixação do fósforo pelo solo. Isso porque o adubo se dissolvendo rapidamente, favorece essa reação. Estima-se que de 70 a 95% da quantidade total aplicada de P_2O_5 pode ser fixada e que, apenas os restantes 30 a 5% estarão em condições de serem absorvidos pelas raízes. Este fato, porém sabe-se hoje, não é tão importante como se supunha a princípio porque o fósforo fixado, com o tempo vai sendo lentamente absorvido.

Os superfosfatos são bons adubos para misturas. Deve-se contudo, evitar o seu emprego juntamente com adubos alcalinos devido a retrogradação que ocorre do seu P.

3.2.2 Fosfato Natural Reativo:

Na região de Gafsa, Tunísia são exploradas 12 minas de rocha fosfática sedimentar tanto superficiais, quanto às subterrâneas.

A rocha é retirada da mina, transportadas para a unidade de beneficiamento e sofre um processo úmido “wet washing”, com as seguintes etapas:

Britagem, adição de água aproximadamente metade do volume, formando uma polpa que é peneirada e onde, o material com mais de 2mm é separado. Essa massa então é bombeada para um hidro-ciclone e deslamada, isto é, a fração de lama com partículas menores de 0,07mm, onde estão as impurezas que contém fosfato, é eliminada. A parte restante, fração intermediária, é então filtrada e secada até uma umidade média de 1,5% quando está pronta para uso agrícola direto.

O fosfato natural reativo se destaca pela sua alta reatividade e porosidade, proporcionando uma solubilização gradual progressiva e eficiente dos nutrientes, especialmente o fósforo.

A adsorção do fósforo pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al é o principal fator envolvido na “fixação” no solo. Desta maneira pela sua característica de se dissolver lentamente o processo de adsorção é retardado ficando menos fósforo retido. É mais efetivo em solos com pH na faixa de 6,5 a 7,0 e de partículas com grande área superficial específica (solo argiloso).

3.3 Fornecedoras de Potássio:

O potássio é retirado do solo pelos vegetais em quantidades muito elevadas. Somente o nitrogênio consegue ser absorvido pelas culturas em quantidades maiores do que o potássio.

Normalmente encontram-se nos solos cultivados em quantidades que variam de 7 a 15.000 quilos de potássio por hectare. Desse total, apenas 1 a 2% (70 a 300kg) do elemento encontra-se em forma trocável ou solúvel e, portanto, em condições de ser utilizado pelas plantas.

O restante encontra-se na forma não assimilável, integrando vários minerais existentes no solo, os quais, através do tempo, são decompostos, liberando gradativamente o nutriente em forma disponível para os vegetais.

Por outro lado, o potássio assimilável existente no solo ou adicionado pelos adubos, sofre também, em maior ou menor proporção, reações de fixação que o tornam menos aproveitável pelas plantas. Essas reações de fixação, nas quais o elemento fica preso na fração argilosa do solo, são reversíveis e o nutriente pode, depois de certo tempo, voltar a formas assimiláveis.

Os países que possuem os principais depósitos de K solúvel são os seguintes:

- a) Depósitos sólidos: Alemanha, Polônia, França, Espanha, USA, Rússia, Inglaterra e Canadá.
- b) Lagos salgados: USA.
- c) Mar Morto: Palestina.

O potássio encontra-se em percentagens elevadas nos seguintes minerais: Silvita, Silvinita, Carnalita e Langbeinita. Partindo dos materiais citados, pode-se preparar os diversos adubos potássicos existentes.

Cloreto de potássio: é separado da silvinita e carnalita por dissolução e cristalização ou flotação.

Sulfato de potássio: pode ser preparado a partir da langbeinita ou pela reação do ácido sulfúrico com o cloreto de potássio. O seu emprego é mais limitado, restringindo-se às culturas onde o cloreto de potássio é desaconselhável (fumo e batata inglesa).

Nitrato de potássio: é fabricado pela reação do nitrato de sódio com o cloreto de potássio, também de uso restrito.

O potássio nos adubos potássicos é expresso em K_2O e se apresenta na forma solúvel em água.

3.3.1 Sulfato de Potássio:

É o segundo adubo potássico em importância, porém fornece apenas cerca de 7% do volume total de K_2O empregado em todo o mundo, apesar de suas excelentes qualidades físicas e químicas. Possui um preço mais elevado que o KCl por um motivo simples: é que todos os processos industriais de preparação do K_2SO_4 exige uma obtenção prévia do KCl.

Pode ser fabricado a partir da Kieserita, da Silvinita, Langbeinita e Schoenita. Apresenta no mínimo 48% de K_2O , na forma de sulfato, determinado como K_2O solúvel em água, além de no mínimo 15% de enxofre e de 0 a 1,2% de magnésio.

3.3.2 Cloreto de Potássio: (KCl)

É o adubo potássico de valor unitário mais baixo, sendo por isso, o mais usado no mundo todo. Em alguns países chega a perfazer 90% ou mais dos fertilizantes potássicos empregados.

Obtenção:

Há dois processos gerais de obtenção de KCl: o de dissolução e cristalização e cristalização (também chamado de dissolução contínua) e o de flotação (ou flutuação).

Características:

O KCl comumente é posto no mercado com 60 a 62% de K_2O , todo solúvel em água. Pode ser granulado ou cristalizado e a cor varia do branco ao avermelhado forte, de acordo com as impurezas. Menos comum é o KCl com 48 a 50% de K_2O .

Emprego:

Como ficou explicado, todo fertilizante potássico é solúvel em água e portanto, se equivalem como fornecedores de K às plantas. Então, a escolha de um ou de outro deve se basear no preço unitário e na presença de outros nutrientes.

Em alguns casos o KCl não deve ser usado por causa do Cl, variando de cultura a cultura.

O KCl pode se apresentar em 4 tipos:

- a) “Standard”: com tamanho de partículas menor que 0,8mm.
- b) “Coarse”: com tamanho de partícula entre 0,8 e 2mm.
- c) **Granulado**: com tamanho de partícula entre 1,2 e 3,3mm.
- d) Solúvel: com tamanho de partícula menor que 0,8mm.

3.4 Macronutrientes Secundários:

3.4.1 Cálcio:

Muitos fertilizantes contêm cálcio em várias percentagens, conforme próximo quadro. Exerce papel de corretivo da acidez. Apresenta-se na forma elementar.

3.4.2 Magnésio:

Exerce no solo, juntamente com o cálcio, o papel de corretivo de acidez, quando aplicado na forma de carbonato, óxido ou hidróxido.

Esse macronutriente é também incorporado ao solo pelos diversos tipos de calcários. Não obstante, em casos de carência mais pronunciada, outros compostos químicos mencionados no próximo quadro, podem ser usados como fornecedores desse elemento.

3.4.3 Enxofre:

A maior porcentagem de enxofre no solo está ligada à matéria orgânica. Esse elemento se encontra na forma de compostos orgânicos (cisteína, cistina, taurina) e na forma de compostos inorgânicos, principalmente sulfatos de cálcio e alumínio, além de sulfetos e tiosulfatos.

Normalmente na forma de sulfato que o enxofre é assimilado pelos vegetais. Assim, os outros compostos de enxofre existentes no solo sofrem decomposição e oxidação, por microorganismos, antes de serem aproveitados pelas plantas.

Um fato de grande importância ligado a enxofre é a relação existente entre os níveis desse elemento no solo e a assimilação do nitrogênio e do fósforo pelas plantas.

Na ausência de quantidades normais de enxofre, esses dois nutrientes nobres não são bem assimilados pelos vegetais, acontecendo, que, certas vezes a planta apresenta sintomas de deficiência de nitrogênio ou de fósforo pelas plantas, quando na verdade o que está ocorrendo é a deficiência de enxofre.

Muitos fertilizantes contêm enxofre em percentagens variáveis e o emprego desses produtos é a maneira mais racional e econômica de se manter o solo com níveis satisfatórios desse nutriente.

3.5 Micronutrientes:

No solo, os micronutrientes estão não só ligados à matéria orgânica, como também fazem parte dos fragmentos minerais resultantes da desagregação das rochas primitivas. Esses nutrientes encontram-se quase sempre na forma de compostos insolúveis. A sua liberação se dá pelo ataque dos microorganismos aos compostos que os contêm. Como esses elementos são consumidos em quantidades muito pequenas; as carências se manifestam com muita frequência em nossos solos, a não ser em casos particulares, como, por exemplo, a deficiência generalizada de zinco em certos solos do Brasil Central ou em culturas de alta produtividade que, em anos consecutivos, podem provocar o empobrecimento de solo nesses nutrientes.

Tab 4. Principais matérias primas e suas garantias:

Mat. Prima	N	P₂O₅	K₂O	S	Ca
MAP	11-13	51-53			
DAP	17-18	46-47			
SSP		18-20		12	20
TSP		45-46			12
KCL			60-61		
NP 13-34	13,5-14	34-35		8	
NP 20-20-00	20	20		12	
SSPamoniado(03-17)	3	17		11	18
SA	20-21			22	
NA	34				
URÉIA	45-46				
32-05-00	32	5			
SUPOT			48-50	15	

Tab 5. Garantias dos Micronutrientes:

	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Fe
BR12	9	1,8	0,8	2	0,1	3,0
NEW CO	12	1,6	1,6	8		
Zn 15	15					0,2 - 2,0
Zn 25	25					
BORO 10		10				

4. INCOMPATIBILIDADE

Chama-se incompatibilidade de fertilizantes a utilização de dois ou mais materiais conjuntos que produza uma deterioração de suas propriedades físicas ou químicas, comprometendo o aproveitamento do fertilizante resultante.

Como principais problemas no produto final pode-se citar:

- Segregação: mistura de grânulos não homogênea;
- empedramento: formação de torrões;
- aderência de grãos: junção de grãos devido a umidade;
- decomposição: reação devido à mistura, havendo perda de nutrientes, alterando a composição em relação à garantia.

No que se refere aos fatores que determinam a incompatibilidade pode-se citar:

- a) A natureza química do material envolvido.
- b) Propriedades físicas dos materiais (umidade, distribuição granulométrica, entre outros).
- c) Processo empregado para a produção do fertilizante final (mistura, granulação entre outros).
- d) Condições operacionais do processo de obtenção das matérias primas: acidez livre, impurezas, granulometria, entre outros.
- e) Fatores diversos: condições climáticas, período e tipo de estocagem.

Pode-se ainda classificar os tipos de incompatibilidade quanto a natureza ou quanto a extensão.

a) Quanto à natureza:

- Química: reações químicas que ocorrem pela utilização de dois ou mais materiais em tempo relativamente curto.
- Física: a mistura não altera sua composição química, porém resulta numa deterioração das propriedades físicas da mistura.

b) Quanto à extensão:

- Compatibilidade total: Quando os materiais podem ser misturados em quaisquer proporções.
- Compatibilidade limitada: Quando existe alguma limitação quanto à quantidade máxima de um dos componentes.
- Incompatibilidade total: Quando um material impossibilita a utilização do outro.

A tabela abaixo demonstra as incompatibilidades entre fertilizantes. Todavia, misturas determinadas como compatibilidade limitada podem tornar-se incompatível caso haja uma alteração na qualidade dos componentes como aumento da umidade ou acidez livre.

Tab. 6 Quadro de compatibilidade:

Adbos Orgânicos	C	Compatível
C Nitro de sódio	C	Compatível
C C Nitro de Potássio	CL	Compatibilidade Limitada
C C C Nitrocálcio	C	Compatível
C C C C Nitro de Amônio	I	Incompatível
C C C C C Sulfato de Amônio	C	Compatível
C C C C I I C Uréia	C	Compatível
C C C C C C C Farinha de ossos	C	Compatível
C C C C C C C C Fosfatos Naturais	C	Compatível
C C C C C C C CL C C Superfosfato Simples	C	Compatível
C C C C C C C C C Superfosfato Triplo	C	Compatível
C C C C C C C C C C MAP	C	Compatível
C C C C C C C C C C CL CL C DAP	C	Compatível
I C CL I I I I I I I I I I Escórias	C	Compatível
I C CL I I I I I I I I I I I I Termofosfato	C	Compatível
C C C C C C C C C C C C C CL CL Cloreto de Potássio	C	Compatível
C C C C C C C C C C C C C CL CL Sulfato de Potássio	C	Compatível
C C C C C C C C C C C C C I C Sulfato de Potássio e Magnésio	C	Compatível
I C CL I I I I I I I I I I I C C CL CL Cal Virgem, Hidratada, Calcários Calcinaos	C	Compatível
I C CL I I I I I I I I I I I C C CL CL C C Calcários	C	Compatível

Fonte: Lopes, 1989.

Obs: Dependendo de certas características da Uréia, do Nitro de Amônio e do teor de Cloreto de Sódio no Cloreto de Potássio, as misturas podem apresentar certo grau de incompatibilidade.

4.1 Principais incompatibilidades:

Nitrato de amônio: apresenta possibilidade de ocorrência de reações explosivas na presença de matéria orgânica e faíscas, devendo ser comercializado com revestimento de material inerte.

Existe incompatibilidade quando usado com uréia devido a mistura apresentar uma umidade crítica relativa de 18%, tornando inviável a comercialização do produto na forma sólida.

A mistura NAM + URÉIA aumenta a higroscopicidade dos sais. Acima de 18,1% da umidade relativa do ar (a 30 graus centígrados), a mistura começa a absorver umidade do ar (a água vem de fora do adubo). A mela é quase instantânea.

Além disso, apresenta problema de combustão lenta; também chamado de “ponta de cigarro”, quando em misturas NPK. Esse efeito consiste na decomposição do

nitrito com produção de óxido nítrico(NO_x) e pode ser acelerado na presença de sulfato de amônio.

Superfosfatos: os problemas geralmente se devem a sua umidade e acidez livre.

A adição de uréia em superfosfatos ocasiona uma reação química:

Fosfato monocálcio $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + uréia $4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \rightarrow$ aduto de uréia $(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
 $4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{água} \text{H}_2\text{O}$

O fosfato monocálcio reage com a uréia formando um aduto; na reação libera água de cristalização do fosfato (monohidratado), empedrando.

Diante disso, deve-se evitar a mistura desses superfosfato e uréia, porém se o superfosfato tiver baixo teor de água livre (cerca de 1%) são pouco reativos, já os amoniados não apresentam incompatibilidade.

Além da uréia, a mistura de superfosfatos com fosfato diamônio (DAP) pode provocar reação, onde, o DAP + o fosfato monocálcio reagem, formando fosfato bicálcio + MAP + água; podendo a formar pontes cristalinas entre os grânulos (empedramento) e diminuição da solubilidade de P_2O_5 em água.

A incompatibilidade pode ser eliminada com um revestimento dos superfosfatos com dolomita calcinada, no entanto a dolomita é incompatível com o nitrato de amônio, não podendo usar nitrato de amônio nessas misturas.

Uréia: além das incompatibilidades já citadas no caso do nitrato de amônio e dos superfosfatos, a uréia no Brasil é produzida com granulometria na faixa de 0,8 a 2,0 mm, diferente da granulometria de outros materiais, estando sujeita a problemas de segregação.

Acidez: a maioria dos fertilizantes comercializados são ácidos, com pH na faixa de 4 e 6, e a utilização de materiais alcalinos pode ocasionar a perda de nitrogênio até mesmo completa, com a utilização de calcário em mistura com sulfato de amônio.

Processo de produção segundo enfoque de incompatibilidade:

O processo de produção de mistura simples de fertilizantes, esquematizado abaixo, está sujeito a desuniformidades nas misturas por um processo chamado de segregação, causado por incompatibilidades físicas, quando as granulometrias das matérias primas não forem próximas .

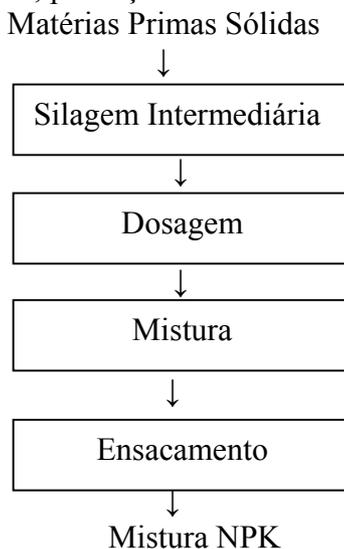
A segregação é um processo espontâneo, onde, as partículas se separam de acordo com o tamanho granulométrico, resultando numa mistura heterogênea, quimicamente desuniforme.

Para haver compatibilidade e evitar a segregação é preciso utilizar matérias primas com granulometrias próximas, podendo ser verificadas através de:

- 1) Curvas de distribuição granulométrica: curvas oriundas de análise granulométrica do material, fornecendo a percentagem acumulada nas peneiras anteriores, pelo diâmetro correspondente a cada peneira. Não devem diferir em mais de 10% em nenhum ponto.
- 2) Valores de diâmetro médio e desvio padrão: estima a similaridade destes valores, não devendo diferir mais de 10%.

A forma convencional de produção do fertilizante (como segue abaixo), promove também a segregação.

Fig 4. Esquema de mistura, produção de formulado:



5. QUALIDADE

A maior parte dos problemas com fertilizantes decorrem de deficiência em suas propriedades físicas. Os problemas mais freqüentes são o empedramento, formação de pó, má fluidez, segregação e higroscopicidade excessiva.

As principais características físicas são:

5.1 Tamanho de partículas:

Fertilizantes de baixa solubilidade em água, geralmente precisam ser moídos finamente para assegurar dissolução suficientemente rápida no solo e permitir sua utilização pelas plantas.

Outros para que sua eficiência agrônômica seja aumentada requerem um tamanho de partícula maior, pois liberam rapidamente seus nutrientes. Quanto maior a partícula, menor a velocidade de liberação do produto.

Misturas com incompatibilidade de tamanho, apresentam alta tendência a segregar durante o manuseio do produto. Verificou-se que o efeito dessa incompatibilidade é muito mais importante do que forma de grânulos e densidade.

Método de análise de Peneiras: A avaliação da distribuição dos diversos tamanhos granulométricos é feita normalmente através de uma análise de peneiras.

A amostra é colocada na peneira mais alta do jogo, e inicia-se a vibração, por um tempo geralmente satisfatório de 5 minutos, quando se trabalha com vibrador mecânico. Durante a vibração as partículas vão caindo para as peneiras inferiores de acordo com o tamanho, até atingir uma peneira com tamanho que restrinja sua passagem. O material de cada peneira é pesado individualmente, formando-se assim curvas de análise de distribuição.

5.2 Empedramento:

O empedramento, geralmente é causado pela formação de pontes de cristais entre as partículas de fertilizante. Os cristais são formados na estocagem devido a continuidade de reações químicas, ou devido a variações de temperatura ambiente.

A adesão entre grânulos, difere dependendo da composição da formulação. A cimentação, em alguns casos, aparece unicamente devido à força de coesão.

O empedramento também pode ser causado por umidade excessiva no produto que sai da manufatura, umidade ambiente muito alta, causando o empedramento na superfície da pilha, tempo de estocagem, higroscopicidade do produto.

Efeito da umidade:

Para que ocorra o empedramento é necessário haver uma umidade suficiente para permitir a formação de uma solução saturada. O grau de secagem é inversamente proporcional ao efeito do empedramento, quanto maior o grau de secagem, menor será o efeito do empedramento.

Os fertilizantes que contém proporções de nitrogênio altas, necessitam de um grau de secagem maior, como no caso do nitrato de amônio ou uréia.

Efeito da dureza e tamanho de partícula:

Partículas uniformes se presença de poeira, reduz a área superficial específica ou área de contato, reduzindo assim, o empedramento.

Pequena resistência mecânica no grão, sob a pressão de estocagem pode causar um empedramento forte, pois os grãos podem deformar ou quebrar, aumentando a área de contato, causando empedramento.

Efeito da temperatura de estocagem:

Temperaturas altas de estocagem aumentam a tendência de empedramento, devendo-se resfriar o produto antes da estocagem. Para uréia, superfosfatos não amoniados, nitrato de amônio a temperatura não deve exceder a 54⁰C. Já para fosfatos de amônio e produtos contendo fosfato de uréia-amônio não devem ultrapassar a temperatura de 71⁰C.

Efeito da pressão de estocagem:

A pressão pode ser controlada pelo tamanho da pilha, seja em sacos ou a granel. Altas pressões devem ser evitadas, principalmente se o produto for estocado por longos períodos.

Composição química:

Os constituintes do fertilizante e algumas impurezas têm efeito na tendência ao empedramento. A higroscopicidade dos compostos nitrogenados tende a aumentar o empedramento, ao passo que impurezas do ácido fosfórico atuam como inibidores.

5.2.1 Higroscopicidade:

Compostos solúveis em água, possuem uma umidade do ar na qual o composto exposto absorve umidade (Umidade Crítica Relativa), até um ponto que ele deliquesce, formando uma solução saturada, que quando evaporar irá depositar material cristalino.

Na maioria dos casos a umidade externa às pilhas, atua somente na camada superficial ou até uma profundidade de 20 a 30 cm.

5.2.2 Tempo de estocagem:

O tempo ideal de estocagem é bastante dependente da temperatura. Geralmente, as reações já se completam nos primeiros 10 dias de estocagem. Os ciclos de dissolução/recristalização requerem mais tempo para causar empedramento. Já as forças de atração por capilaridade podem desenvolver-se muito rápido devido à grande área de contato promover maior absorção da umidade.

5.2.3 Granulometria:

Partículas muito pequenas e desuniformes, tendem a ter maior empedramento.

Acidez livre dos superfosfatos:

O conteúdo de ácido livre também afeta o empedramento em misturas de grânulos, principalmente quando em misturas com fertilizantes de caráter básico.

5.2.4 Minimização do problema de empedramento:

- Secagem: deve ser feita para diminuir a umidade inicial do fertilizante, principalmente para misturas com altos teores de N
- Cura: por 30 dias para permitir a reação ácido rocha, aumentar o conteúdo de P_2O_5 disponível, reduzir o conteúdo de acidez livre e reduzir a tendência ao empedramento. É bastante efetiva em formulados com quantidades significativas de superfosfatos e pouco em produtos com fosfatos de amônio.
- Condicionadores: os mais efetivos são aqueles que recobrem o grão e aderem a sua superfície.

Quando em pó, inertes, como terra diatomácea, argilas e talco, agem como barreiras físicas entre os grânulos, servindo para absorver, espalhar e inativar a fase líquida eventualmente existente sobre a superfície dos grânulos evitando a formação de pontes, diminuindo o empedramento.

Os condicionadores líquidos modificam o processo de cristalização, inibindo ou enfraquecendo a formação de cristais entre o grânulo.

5.3 Segregação:

O manuseio de fertilizante a granel pode induzir a falta de uniformidade da mistura de produtos; este fenômeno é conhecido como segregação. A segregação é indesejável porque causa desuniformidade e pode afetar a resposta agrônômica e tornar impossível a obtenção de uma amostra representativa, para atender as garantias analíticas. Uma propriedade física desejável é a de resistir a segregação durante o manuseio.

A segregação ocorre quando os grânulos ou as partículas de fertilizantes diferem em propriedades físicas a tal ponto que respondem diferentemente às perturbações mecânicas causadas pelo manuseio. Durante essas perturbações, partículas de propriedades físicas semelhantes tendem a se juntar, de tal forma que a uniformidade da mistura de partículas é destruída. Se todas as partículas em uma mistura forem identificadas fisicamente, qualquer quantidade de manuseio não irá afetar a homogeneidade do produto. Numerosos testes mostraram que características físicas de uma partícula de fertilizante que mais afeta a tendência a segregação é o seu tamanho; partículas de tamanho diferente tendem a segregar durante ao manuseio. Nem a densidade, nem as formas de partícula dentro da variação normalmente encontrada em fertilizantes, afeta a segregação de modo importante.

A segregação é o problema mais sério no manuseio da mistura de ingredientes granulados. Este tipo de fertilizantes, por definição, contém partículas de pelo menos dois ingredientes de composições distintas, assim, qualquer segregação mecânica dos dois ingredientes resultará em uma variação significativa quimicamente. A segregação de ingredientes pode, entretanto, como já discutimos anteriormente, ser minimizada escolhendo produtos de tamanho de partículas mais compatíveis. Um critério prático é de que a distribuição de tamanho das partículas dos ingredientes não tenha variações para mais ou menos, de 10%. É interessante que misturas de partículas relativamente pequenas tal como misturas de ingredientes não granulados, tendem a ser menos sujeitas a segregação e menos sensíveis ao tamanho de partículas, do que produtos granulados.

Distinguem-se três tipos de segregação em relação ao manuseio de fertilizantes. Todos os tipos são devidos principalmente pela diferença de tamanho das partículas na mistura de fertilizantes. São eles:

5.3.1 Segregação devido à vibração:

Os fertilizantes são submetidos a vibrações durante o seu transporte por caminhões, por vagões, ou por outros meios de transporte. Mas a segregação devido a vibrações torna-se importante apenas quando as diferenças de tamanho entre os ingredientes da mistura são muito grandes de tal modo que as partículas de um produto são suficientemente pequenas para caírem entre os espaços vazios existentes entre as partículas maiores, de um outro ingrediente.

5.3.2 Segregação devido à formação de cones:

O tipo de segregação que é encontrado com maior frequência no manuseio de fertilizantes é a segregação devido ao fluxo de material sobre si mesmo. Este tipo de segregação é chamado comumente de “formação de cone”, porque na formação dos cones nas pilhas existe maior possibilidade de ocorrer segregação quando o produto cai sobre o ápice da pilha do produto armazenado a granel e flui para baixo sobre a superfície da pilha. A separação de partículas por tamanho ocorre quando o material escorre, quando as partículas mais finas ficam retidas em sua maior parte por resistência a fricção sobre a superfície da pilha, tendendo a permanecer mais atrás e terminam alojadas no centro da pilha, enquanto as partículas maiores tendem a descerem mais se alojando na parte inferior da pilha. Disso resulta a separação por tamanho (segregação) na pila do produto.

5.3.3 Segregação devido à ação balística:

Quando um fertilizante é propelido através do ar tal como acontece pela ação de uma adubadeira de distribuição em leque, as partículas de diferentes propriedades físicas seguem diferentes caminhos pela ação de vários efeitos; gravidade, pelo arraste pelo vento. O resultado é a segregação devido a ação balística. Um estudo quantitativo deste tipo de segregação implica na ação correta, real de lançar o fertilizante com uma adubadeira de distribuição em leque e a coleta de amostra junto ao solo em distâncias variáveis a partir do distribuidor de adubos. As amostras são analisadas para determinar o grau de variação que a composição do fertilizante sofre com o aumento da distância a partir da adubadeira. Foram feitos testes com a adubadeira estacionária e as amostras coletadas em uma série de tabuleiros colocados paralelamente a direção normal da trajetória do trator. Uma conclusão significativa obtida com uma série de testes foi a de que, como no caso da segregação causada pela formação de cones. A diferença do tamanho de partículas é a principal causa da segregação balística dos fertilizantes granulados durante a distribuição, onde os grânulos maiores tendem a atingir distâncias maiores a partir da adubadeira do que fazem os grânulos menores.

Assim sendo, a compatibilidade do tamanho de partículas dos ingredientes da mistura é providência essencial para minimizar a segregação tanto pela formação de cones como pela ação balística que são as causas mais importantes da segregação de fertilizantes. O fato de que os tamanhos de partículas serem o fator principal de segregação balística, e muito mais do que a densidade de partículas não é de surpreender às causas/efeitos relativos sobre o peso dos grânulos e portanto sobre a inércia dos grânulos em movimento. Aumentando-se o tamanho dos grânulos de 1,19mm (malha peneira 16) para 3,35mm (malha 6), provoca um aumento no peso dos grânulos de mais de 20 vezes, enquanto que a real amplitude de variação dos grânulos de densidade de fertilizantes de (1,27 a 2,2mm) pode causar uma variação de peso inercial. O arraste pelo ar, entretanto, atua menos nas partículas menores, e, de acordo com a lei de Stokes, essa força é reduzida apenas na proporção direta do diâmetro da partícula.

A maneira mais eficaz de reduzir a segregação em misturas secas de fertilizantes é usar apenas produtos compatíveis em tamanho de partículas. Mas pode ser minimizada limitando-se o número de manuseios.

5.4 Dureza/fragilidade dos Grânulos:

Os grânulos devem ter uma estabilidade mecânica para agüentar o manuseio normal sem se quebrarem e sem resistência para formar pó.. Existem três tipos diferentes de resistência:

- 1) resistência dos grânulos a pressão;
- 2) resistência dos grânulos a abrasão;
- 3) resistência dos grânulos ao impacto.

A dureza é medida da seguinte forma:

Determinação da Dureza dos grânulos dos Macronutrientes e Micronutrientes.

Utiliza-se grânulos que transpassa em peneira Tyler7 (2,80mm) e que fica retido em peneira Tyler8 (2,36mm).

Seleciona-se 10 grânulos uniformes (tamanhos iguais, arredondados,etc.).

Coloca-se um a um sob pressão em aparelho específico, até a sua desintegração.

Lê-se o valor necessário (quilos) para desintegrá-lo, fazer a média das 10 repetições e o resultado é expresso em Kgf.

5.4.1 Resistência a pressão ou ao esmagamento de grânulos:

Ao se usar esse método ou qualquer método que envolva a dureza dos grânulos é necessário esmagar pelo menos 10 grânulos para se obter o valor médio. Devem ser testados apenas grânulos do mesmo tamanho, porque a resistência ao esmagamento aumenta à medida que aumenta o tamanho de partícula (peneira passante).

5.4.2 Resistência à abrasão:

A medida em que os fertilizantes vão sendo manuseados; a abrasão entre grânulos pode causar degradação e formação de pó. Existem diversos testes para isso, na literatura, para avaliar a estabilidade dos fertilizantes granulados.

5.4.3 Resistência ao impacto:

Relaciona o impacto causado pelas adubadeiras que distribuem o fertilizante com auxílio de um ventilador. Diversos testes foram relatados, que avaliam a quebra dos grânulos como resultado do impacto.

5.5 Densidade aparente:

È definida como peso por unidade de volume de fertilizante (sem compactação). O valor de densidade aparente é necessário para calcular o tamanho de sacos, para calibrar alimentadores volumétricos.

A densidade aparente é determinada enchendo-se uma caixa até o derramamento do produto, acertando a superfície com uma régua, e pesando-se em balanças adequadas. É aconselhável movimentar a caixa em baixo do fluxo do fertilizante para evitar a formação de cones, que provocam a segregação. O valor obtido deste modo representa o menor peso que poderemos encontrar por unidade de volume deste fertilizante. A densidade compactada ou densidade reajustada por golpes é determinada do mesmo modo, exceção que, depois de encher a caixa, ela é levantada e deixada cair diversas vezes de uma altura de 6 polegadas, preenchida, e deixada cair novamente várias vezes, até que se constate não haver mais compactação. Acerta-se então a superfície e pesa-se. O valor obtido desta maneira representa o máximo de peso do fertilizante que poderá ser encontrado em uma unidade de volume, mesmo que sofra influência de vibração durante o transporte ou outro tipo de manuseio.

Densidade das Matérias Primas (médias)

Tab 7. Densidade das matérias primas:

MAT. PRIMA	NAT. FÍSICA	DENSIDADE APARENTE	VARIAÇÃO + OU -	DENSIDADE SEMI-COMPACTA	VARIAÇÃO + OU -
		Kg/m ³	kg	Kg/m ³	kg
FOSFATO NAT	FARELADO	1.515	4	1.568	5
KCL	GRANULADO	1.047	10	1.070	9
SUPOT	GRANULADO	1.307		1.354	
MAP	GRANULADO	949	26	972	27
MAPÃO	GRANULADO	970		990	
DAP	GRANULADO	920	17	947	14
TSP Tunísia	GRANULADO	992	27	1.012	21
TSP U.S.A	GRANULADO	1.083	36	1.107	37
TSP Nacional	GRANULADO	996	18	990	18
NP 14-34	GRANULADO	890	13	913	13
SSP FOSPAR	GRANULADO	1.062	29	1.084	30
SSP Importado	GRANULADO	1.134	28	1.158	33
SSP 03-17	GRANULADO	1.068	12	1.102	18
SA granulado	GRANULADO	1.014	18	1.039	20
SA farelado	FARELADO	991	52	1.034	51
33-01-00	GRANULADO	901		923	
32-03-00	GRANULADO	930		950	
32-05-00	GRANULADO	982	11	1.003	14
NA	GRANULADO	946	33	976	28
URÉIA	GRANULADO	725	12	741	11
NP 20-20	GRANULADO	946		968	
GESSO	GRANULADO	875		897	
KCL (vermelho)	PÓ	1.160		1.232	
KCL (branco)	PÓ	1.042		1.087	
SILIGRAN	GRANULADO	1.141		1.176	
CALCOGRAN	GRANULADO	1.147		1.173	

5.5.1 Densidade específica aparente:

Pode ser definida como sendo o resultado da divisão do peso de um único grânulo por aquele de um volume de água (a 40^oC). O volume do grânulo é aquele compreendido pela superfície do grânulo e inclui quaisquer poros internos. É numericamente igual a densidade em g/ml. Se a composição química é conhecida, a densidade específica real (excluindo-se os poros) pode ser calculada a partir de dados de publicação e comparada a densidade específica aparente para se obter um valor para a porosidade. A densidade aparente específica não é uma propriedade medida freqüentemente, mas tem sido de especial interesse para estudos das características de segregação de partículas e também no desenvolvimento de processos de granulação. Para um certo produto, as variações na densidade específica aparente dos grânulos, podem resultar de variações na dureza, na capacidade de reter umidade e nas propriedades ligadas ao armazenamento.

5.6 Umidade crítica relativa:

Pode ser definida como sendo a umidade da atmosfera acima da qual o fertilizante absorverá espontaneamente a umidade e abaixo da qual não absorverá. Todos os sais solúveis, inclusive os sais fertilizantes, tem uma umidade crítica relativa característica. Sob ponto de vista químico, a umidade crítica de um sal é a umidade do ar a partir da qual a pressão parcial de vapor acima da qual se forma uma solução saturada do sal em qualquer temperatura.

Para um fertilizante a umidade crítica relativa alta é uma vantagem desde que este produto seja manuseado em condições de atmosferas mais úmidas sem se tornar úmido e não fluir bem, ou sem absorção de umidade que mais tarde provoque empedramento.

A umidade crítica relativa de um fertilizante determina, em grande parte, o tipo de saco (grau de impermeabilidade) necessário e determina a quantidade de manuseio e armazenagem aberta que um fertilizante pode ser submetido. Entretanto, a umidade crítica relativa é erroneamente tomada como um valor genérico da tendência de empedramento de um fertilizante.

Na realidade, se um fertilizante for armazenado em um saco a prova de umidade (de plástico) ou coberto com plástico quando armazenado a granel em pilhas; a umidade da atmosfera fica eficazmente excluída e a umidade crítica relativa passa a ter uma importância relativa muito pequena. Nestas situações o empedramento, quando ocorre, é causado por outros fatores, tais como a umidade contida no fertilizante com parte constituinte, ou reações químicas, temperatura, pressão no armazenamento, presença de finos, e eficiência dos tratamentos com condicionadores. Mesmo com relação ao fertilizante a granel, a umidade crítica não é a única propriedade física que determina o desempenho em condições de umidade.

A umidade crítica determina se a umidade será absorvida sob determinadas condições, mas não diz nada sobre quão bem ou quão mal o fertilizante tolerará a umidade que absorveu. Outros testes (absorção / penetração e fluidez) são necessários para uma perfeita avaliação do problema.

Tab 8. Quadro com umidade crítica relativa de produtos puros e mistura de produtos:

Nitrato de Cálcio											
46.7	Nitrato de Amônio										
23.5	59.4	Nitrato de Sódio									
37.7	16.3	72.4	Uréia								
-	8.1	45.6	72.5	Cloreto de Amônio							
-	51.4	51.9	57.9	77.2	Sulfato de Amônio						
-	52.3	-	56.4	71.3	79.2	Fosfato Diamônio					
-	59	-	62	-	72	82.5	Cloreto de Potássio				
< 22	67.9	66.9	60.3	73.5	71.3	70	84	Nitrato de Potássio			
31.4	59.9	64.5	65.2	67.9	69.2	-	78.6	90.5	Fosfato Monoamônio		
52.8	58	63.8	65.2	-	75.8	78	72.8	59.8	91.6	Fosfato Monocálcio	
46.2	52.8	60.1	65.1	73.9	87.7	78	-	87.8	88.8	95.6	Sulfato de Potássio
76.1	69.2	73.3	71.5	71.3	81.4	77	81	87.8	79	-	96.3

graus Celcius (os valores são em percentagem da umidade relativa).

Velocidade e efeito da absorção de umidade:

Os fertilizantes variam muito em sua capacidade de tolerar a umidade absorvida, assim, métodos para avaliar a tolerância a umidade é de interesse. A superfície de pilhas de fertilizantes, armazenados a granel, ficam freqüentemente expostos a uma atmosfera úmida, assim, é interessante conhecer quão rapidamente a umidade será absorvida e até que profundidade, bem como que tipo de deterioração ocorrerá. Ocorrem freqüentemente outros tipos de exposição do fertilizante a atmosfera úmida durante o manuseio ou aplicação a campo. Nestas operações, o efeito da umidade sobre a fluidez, nesta condição é de preocupar.

6. PROTEÇÃO PARA FERTILIZANTES A GRANEL EM ARMAZÉNS

Os fertilizantes a granel podem necessitar de proteção especial da atmosfera úmida, se uma ou mais condições seguintes prevalecerem:

- 1) O fertilizante é especialmente higroscópico, conforme indicação por testes de laboratório de penetração de umidade ou testes de armazenamento em pilhas pequenas.
- 2) A armazenagem está na área de alta umidade ambiente.
- 3) A armazenagem será de longa duração.

Para pilhas pequenas o recobrimento com mantas de polietileno é uma prática eficiente de evitar problemas com umidade ambiente. Para pilhas grandes, geralmente é suficiente preparar um armazém bem fechado (evitando-se correntes de ar). Entretanto,

o fechamento deve ser completo, isto é freqüentemente um problema. O melhor para a proteção de um produto é preparar um armazém desumidificado. Podendo ser usados o aquecimento do ar que entra, a desumidificação por refrigeração mecânica e a absorção de umidade quimicamente.

7. SGN, IU, MQI

A qualidade do fertilizante depende muito da compatibilidade física da matéria prima. Para verificar se um fertilizante pode ser misturado ao outro, utiliza-se o SGN (tamanho padrão de partícula), o IU (índice de uniformidade) e o MQI (índice de qualidade de mistura), que combina os valores de SGN e IU para avaliar em um só número a qualidade de misturas.

7.1 SGN:

É o diâmetro calculado da partícula média expressa em milímetros que divide o volume de partículas maiores e menores.

Com essa determinação é possível comparar se são compatíveis as matérias primas que irão compor uma mistura. Serão compatíveis somente materiais que não excederem a faixa de 10% entre a média dos SGN das matérias primas.

Calcula-se conforme a fórmula:

$$\text{SGN} = \frac{(50 - P1) \times (D2 - D1)}{(P2 - P1)} + D1$$

Onde:

P1 = percentagem do material acumulado abaixo de 50%

P2 = percentagem do material acumulado acima de 50%

D1 = mm da peneira x 100 em que ficam retidos acima de 50% do material

D2 = mm da peneira x 100 em que ficam retidos abaixo de 50% do material

7.2 IU:

É a relação percentual de tamanho das partículas pequenas para as partículas grandes contidas no produto, na prática, é a relação de tamanhos de partículas retidas ao nível de 95 e 10%.

Um IU 100 significa que todas partículas possuem o mesmo tamanho e quanto mais baixo for o valor maior será a variação de tamanho de partículas, ou seja, será menos uniforme.

Para sua determinação, acha-se a peneira com percentual abaixo e acima de 95% pela fórmula abaixo:

$$95\text{mm} = \frac{y - 95 \times (A\text{mm} - C\text{mm})}{(y - x)} + C\text{mm}$$

Onde:

95mm = diâmetro da peneira em mm que contém 95% do material

y = percentagem acumulada acima de 95%

x = percentagem acumulada abaixo de 95%

A = milímetros da peneira com % acumulada abaixo de 95%

C = milímetros da peneira com % acumulada acima de 95%

Em seguida encontram-se as peneiras com percentual abaixo e acima de 10% das partículas, pela seguinte fórmula:

$$10\text{mm} = \frac{y - 10 \times (A_{\text{mm}} - C_{\text{mm}})}{(y - x)} + C_{\text{mm}}$$

Onde:

10mm = diâmetro da peneira em mm que contém 10% do material

y = percentagem acumulada acima de 10%

x = percentagem acumulada abaixo de 10%

A = milímetros da peneira com % acumulada abaixo de 10%

C = milímetros da peneira com % acumulada acima de 10%

Para encontrar-se o IU do material deve-se dividir o valor de 95 pelo de 10 e multiplicar por 100.

$$\text{IU} = 95\text{mm}/10\text{mm} \times 100$$

7.3 MQI:

Para utilizar um só número para avaliar a qualidade de mistura, desenvolveu-se um índice, que combina os valores de SGN e IU, subtraindo os coeficientes de variação dos mesmos de 1, logo, quanto mais próximo, a 1, menor a possibilidade de ocorrer segregação da mistura.

Para o cálculo de MQI, devem-se encontrar os coeficientes de variação dos SGN's e IU's:

$$\text{MQI} = 1,0 - (\text{CV dos SGNs} + \text{CV dos IUs})$$

CV = Desvio padrão dividido pela média

8. FERTILIZANTES COM ÓLEO “EXTRA”

Aditivo: qualquer substância adicionada intencionalmente ao produto para melhorar sua ação, aplicabilidade, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção.

Os fertilizantes granulados tem a tendência a se solidificar, tanto a granel como acondicionados em sacas. Para eliminar tal inconveniente foram enumerados numerosos agentes atia glutinantes, entre os quais as a minas graxas, e mais particularmente a estearilamina ou os produtos industriais correspondentes.

Outro problema é o de gerar poeira durante sua manipulação. Para minimizá-lo trata-se o adubo com produtos oleosos que colam esta poeira nos grãos, ou com revestimentos cerosos que desempenham a mesma função, além de reduzir o atrito entre os grãos.

Na redução da poeira, usa-se atualmente um óleo chamado de 1A (BPF) que é um óleo combustível e necessita de aquecimento a temperatura de 88 a 90 °C para que seja pulverizado e aderido na superfície do grão. Também utiliza-se outro óleo, de nome comercial Dustrol[®], que necessita da mesma temperatura de aquecimento do 1A, porém não adere à parede do misturador, tornando o processo mais simples pois, diferente do óleo 1A não necessita de limpezas específicas para o uso do óleo além das limpezas rotineiras. Outro fator que diferencia os óleos utilizados é o fato de que o óleo Dustrol[®], não migra para o interior do grão, e permanecendo na superfície da partícula, formando uma camada protetora, conferindo maior tempo de estocagem ao produto sem que este perca qualidade, além de o Dustrol[®] não ser cancerígeno.

Os fatores que influenciam no nível de poeira e conseqüentemente na dosagem do aditivo incluem propriedades físicas como tamanho do grânulo, distribuição granulométrica, formato, textura da superfície, dureza /fragilidade dos grãos.

Quanto maior a quantidade de poeira do material, principalmente o superfosfato simples, maiores dosagens serão requeridas para obter uma cobertura completa do grão. As condições de estocagem dos equipamentos de transferência, dos métodos e períodos de armazenamento bem como as condições ambientais tais como temperatura, umidade relativa e das características de absorção de umidade do grão, são fatores que deverão ser considerados no desenvolvimento correto dos agentes controladores de poeira e empedramento.

Para o controle de poeira e empedramento, o aditivo não deve ser volátil e não ressecar quando em longos períodos. O aditivo deve se manter na superfície do grão e que resista a absorção para o interior do mesmo.

9. SUPER N

A uréia é o fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil, devido a sua concentração, custo e facilidade de fabricação.

Porém, apresenta uma séria limitação, quando aplicada em superfície devido a perdas por volatilização de NH_3 . Perde-se de 20 a 30%, podendo chegar até 60 ou 70% em algumas condições.

As perdas por volatilização de NH_3 são dependentes de manejo do solo e condições climáticas. A aplicação na superfície do solo, principalmente em solos úmidos aumenta a perda de NH_3 . A matéria Orgânica promove uma maior atividade da urease, além de dificultar a difusão de amônio para o interior do solo.

A urease é uma enzima produzida por microorganismos do solo que facilita a quebra da molécula de uréia, transformando-a de volta em amônia, gás carbônico e água, causando altas perdas de N para a atmosfera.

Para diminuir as perdas de N da uréia a FERTIPAR produz o Super N, que nada mais é do que uréia com um aditivo de nome comercial Agrotain cujo princípio ativo é o NBPT (N-(n-Butil) Tiofosfórico Triamida).

O NBPT (N-(n-Butil) Tiofosfórico Triamida), inativa a enzima urease, impedindo que a molécula da uréia seja quebrada, evitando assim, perdas por volatilização.

O tempo em que o inibidor atua depende, principalmente da dose do aditivo que foi misturado à uréia. Pode conferir, dependendo da dose 7 a 14 dias de proteção contra a urease, permitindo que por esse período não haja perdas significativas de N, enquanto as condições climáticas não promovam a difusão do N no solo.

Fig 5. Perdas de NH_3 :



Fonte: IAC - Mococa, Fevereiro 2003 – Dr. Heitor Cantarella

10. CÁLCULOS DE FORMULAÇÃO DE ADUBOS

Fórmulas de adubos:

As misturas de adubos são formuladas com objetivo de fornecer nutrientes minerais em quantidades e proporções adequadas aos diferentes tipos de solo e às necessidades particulares das culturas, nas diversas fases de seu desenvolvimento.

As quantidades de nutrientes exigidas pelas culturas em suas diversas fases de desenvolvimento são determinadas através de experimentações, realizadas por instituições particulares e oficiais de pesquisa, em diversos tipos de solos.

As quantidades de nutrientes existentes no solo são determinadas pela análise de amostras representativas do solo. Assim, nas fórmulas de adubo, além da quantidade de N, P e K que elas possam conter, é importante destacar a relação que existe entre esses três nutrientes, relação essa que é estabelecida em função de:

1. Teor de nutrientes encontrados na análise de solos;
2. Cultura a ser adubada;
3. Época de adubação.

Cálculo de fórmulas de adubo:

As quantidades de N, P e K de uma mistura de adubos são expressas através de sua garantia.

As garantias das fórmulas de adubos são expressas em porcentagem e indicam, pela ordem, as quantidades de N, P_2O_5 e K_2O que existe em 100 kg de mistura. Assim, 100kg da fórmula 10-30-12 contém 10 kg de N, 30 kg de P_2O_5 e 12 kg de K_2O .

Misturando-se, por exemplo, 60 kg de MAP, 20 kg de sulfato de amônio e 20 kg de cloreto de potássio, verifica-se que um só fertilizante, (o MAP), fornece dois nutrientes (N e P) e duas matérias primas, (MAP e sulfato de amônio), são necessárias para completar a garantia de um nutriente (N), conforme vê-se pelo quadro seguinte.

Tab 9. Quantidade empregada e garantia das matérias primas:

Matéria Prima em kg		Nutrientes fornecidos em kg		
Tipo de fertilizante	Quantidade empregada	N	P_2O_5	K_2O
MAP (10% N e 50% P_2O_5)	60	6	30	
Sulfato de Amônio (20% N)	20	4		
Cloreto de Potássio (60% K_2O)	20			12
	100	10	30	12

Garantia 10 - 30 - 12

11. GARANTIAS

Conforme a legislação vigente:

Declaração: indicação da quantidade de nutrientes ou dos seus óxidos, incluindo a sua forma e solubilidade, garantida de acordo com os limites estabelecidos.

Garantia: indicação da quantidade percentual em peso de cada elemento químico, ou de seu óxido correspondente, ou de qualquer outro componente do produto, incluindo também, quando for o caso, a natureza, o grau da solubilidade de cada um deles e a data de validade.

Teor declarado ou garantido: o teor de um elemento químico, nutriente, ou do seu óxido, ou de qualquer outro componente do produto que, em obediência à legislação específica, deverá ser nitidamente impresso no rótulo, ou na etiqueta de identificação ou em documento relativo a um fertilizante.

Tolerância: os desvios admissíveis entre o valor encontrado na análise de um elemento químico ou outro componente do produto e o seu valor declarado ou garantido.

Tolerâncias:

Aos resultados analíticos obtidos, serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os seguintes limites:

Para deficiência, os limites de tolerância não poderão ser superiores a:

I - com relação aos nutrientes garantidos ou declarados dos produtos:

a) em Nitrogênio (N), Pentóxido de Fósforo (P₂O₅), Óxido de Potássio (K₂O), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) até 15% (quinze por cento), quando o teor do elemento for igual ou inferior a 5 % (cinco por cento); até 10 % (dez por cento) quando o teor for superior a 5 % (cinco por cento) até 40% (quarenta por cento), sem exceder a 1 (uma) unidade; até 1,5 (uma e meia) unidade quando o teor do elemento for superior a 40%;

b) na somatória de N e/ou P₂O₅ e/ou K₂O, até 5% (cinco por cento), sem exceder 2 (duas) unidades da garantia total do produto;

c) para os micronutrientes:

1. quando produzidos ou comercializados em misturas: até 20% (vinte por cento), quando o teor do elemento for igual ou inferior a 1% (um por cento); até 15% (quinze por cento), quando o teor do elemento for superior a 1% (um por cento) até 5% (cinco por cento); e até 10% (dez por cento), quando o teor do elemento for superior a 5% (cinco por cento);

2. quando produzidos ou comercializados isoladamente ou quando se tratar dos fertilizantes minerais simples constantes do Anexo II: até 10% (dez por cento) dos teores garantidos desses nutrientes, sem exceder a 1,0 (uma) unidade.

II - com relação à natureza física do produto:

a) granulado e mistura granulada: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido retido na peneira de 1 (um) milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido passante na peneira de 4 (quatro) milímetros (ABNT nº 5);

b) mistura de grânulos: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido retido na peneira de 1 (um) milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido passante na peneira de 4 (quatro) milímetros (ABNT nº 5);

c) microgranulado: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido retido na peneira de 1 (um) milímetro (ABNT nº 18);

d) pó: até 5% (cinco por cento) para o percentual garantido passante na peneira de 2 (dois) milímetros (ABNT nº 10);

e) farelado: até 5% (cinco por cento) para o percentual retido na peneira de 0,5 milímetro (ABNT nº 35) e até 5% (cinco por cento) para o percentual passante na peneira de 3,36 milímetros (ABNT nº 6);

f) farelado grosso: até 5% (cinco por cento) para o percentual retido na peneira de 1,0 milímetro (ABNT nº 18) e até 5% (cinco por cento) para o percentual passante na peneira de 4,8 milímetros (ABNT nº 4).

III - com relação a outros componentes garantidos ou declarados do produto, até 20% (vinte por cento) quando os teores garantidos ou declarados do produto forem inferiores ou iguais a 2% (dois por cento) ou 2 (duas) unidades e até 15% (quinze por cento), sem ultrapassar a 2 (duas) unidades, para os teores garantidos ou declarados superiores a 2% (dois por cento) ou 2 (duas) unidades.

11.1 Cálculo de garantia de mistura:

100 kg de MAP contém----- 10 kg de N

60 kg de MAP conterão----- x

$$x = \frac{60 \times 10}{100} = 6 \text{ kg}$$

100 kg de MAP contém----- 50 kg de P₂O₅

60 kg de MAP conterão----- y

$$y = \frac{60 \times 50}{100} = 30 \text{ kg}$$

O mesmo raciocínio se aplica para as outras matérias primas.

Calculo para matérias primas necessárias para completar uma garantia:

Para fabricar uma fórmula 9 – 18 – 12, possuindo-se NP (13,5 % de N e 34,5% de P₂O₅), sulfato de amônio (20% de N), superfosfato triplo (46% de P₂O₅), superfosfato simples (19% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), procede-se da seguinte maneira:

Temos 600 kg de K₂O ----- em 1000 kg de cloreto de potássio

Teremos 120 kg de K₂O----- em x kg de cloreto de potássio

$$x = \frac{120 \times 1000}{600} = 200 \text{ kg de cloreto de potássio}$$

Temos 135 kg de N ----- em 1000 kg de NP
 Teremos x kg de N----- em 250 kg de NP

$$x = \frac{250 \times 135}{1000} = 33,75 \text{ kg de N}$$

Temos 345 kg de P₂O₅ ----- em 1000 kg de NP
 Teremos x kg de P₂O₅----- em 250 kg NP

$$z = \frac{250 \cdot 345}{1000} = 86,25 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

N: Precisa-se de 90 kg para cobrir a garantia de 9%, foram fornecidos 33,75 kg pelo NP, precisa-se ainda de 56, 25 kg de N.

Temos 200 kg de N ----- em 1000 kg de sulfato de amônio
 Teremos 56,25 kg de N----- em x kg de sulfato de amônio

$$y = \frac{56,25 \times 1000}{200} = 281 \text{ kg de sulfato de amônio}$$

P₂O₅: Precisa-se de 180 kg para cobrir a garantia de 18% de P₂O₅, foram fornecidos 86,25 kg de P₂O₅ com o NP, precisa-se ainda de 93,75 kg de P₂O₅.

Temos 190 kg de P₂O₅ ----- em 1000 kg de superfosfato simples
 Teremos x kg de P₂O₅----- em 111 kg superfosfato simples

$$z = \frac{190 \times 111}{100} = 21,09 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

93,75 kg de P₂O₅ que faltam – 21,09 kg de P₂O₅ fornecidos pelo superfosfato simples = 72,66 kg de P₂O₅.

Temos 460 kg de P₂O₅ ----- em 1000 kg de superfosfato triplo
 Teremos 72,66 kg de P₂O₅----- em x kg superfosfato triplo

$$z = \frac{72,66 \times 1000}{460} = 158 \text{ kg de superfosfato triplo}$$

A soma das matérias primas (250 + 281 + 158 + 200 + 111) é igual a 1000 kg.

Cálculo pela tabela:

Confrontando-se os dados fornecidos acima, com os existentes na tabela a seguir, vemos que para fornecer 12% de nutrientes (coluna vertical à esquerda), usando-se uma matéria prima com 60% de concentração (coluna horizontal), vamos encontrar, no ponto em que as duas colunas se cruzam 200kg de matéria prima. Essa quantidade é indicada para a produção de 1 tonelada da fórmula.

Os fertilizantes para serem comercializados, precisam apresentar a garantia dos nutrientes que contêm, em percentagem, registrada no Ministério da Agricultura.

Tab 10. Tabela para cálculo de fórmulas:

% do elemento na mistura	% do elemento no adubo																
	10	12	14	15	16	18	20	27	33	35	40	42	44	45	50	51	60
1	100	84	72	67	63	56	50	37	30	29	25	24	23	22	20	19	17
2	200	167	143	134	125	111	100	74	61	57	50	48	46	44	40	39	34
3	300	250	215	200	188	167	150	111	91	86	75	72	68	66	60	59	50
4	400	334	286	267	250	222	200	148	121	115	100	96	92	89	80	78	67
5	500	417	358	334	315	278	250	185	151	144	125	120	117	111	100	98	84
6	600	500	430	400	375	335	300	222	182	172	150	144	137	133	120	118	100
7	700	584	500	467	438	390	350	260	212	200	175	168	160	155	140	137	117
8		667	572	534	500	444	400	296	242	228	200	192	182	178	160	157	134
9			645	600	563	500	450	334	273	256	225	215	205	200	180	176	150
10			666	667	625	556	500	370	303	262	250	238	227	222	200	196	168
11					688	612	550	407	334	286	275	250	244	220	220	216	184
12						667	600	444	364	343	300	286	275	267	240	235	200
13							650	481	394	372	325	310	295	289	260	255	217
14							700	519	424	400	350	334	319	311	280	275	234
15								555	455	430	375	358	340	333	300	294	250
16								593	485	458	400	382	364	355	320	314	268
17								630	515	486	425	406	390	377	340	333	284
18								667	545	515	450	430	410	400	360	353	300
19									575	544	475	454	430	422	380	373	320
20									606	574	500	478	455	444	400	392	334
21									636	600	525	500	480	467	420	412	350
22									667	630	550	524	500	489	440	431	367
23									696	660	575	545	525	511	460	451	385
24										685	600	572	546	533	480	471	400
25											625	595	570	555	500	490	417
26											650	620	593	578	520	510	434
27											675	640	614	600	540	529	459
28											700	668	638	622	560	549	468
29												662	644	580	567	484	
30													682	667	600	588	500

12. OUTRAS LEIS:

Registro de Produtos

Os fertilizantes produzidos, importados, exportados, comercializados e utilizados no território nacional deverão ser registrados no órgão competente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O registro será concedido com base na garantia oferecida para cada nutriente, valendo apenas para aqueles níveis de garantias, devendo no requerimento de registro ser informada a composição do produto.

Embalagem e Rotulagem de Produtos

Para serem vendidos ou expostos à venda em todo o território nacional, os fertilizantes, quando acondicionados ou embalados, ficam obrigados a exibir rótulos em embalagens apropriadas redigidos em português, que contenham, além das informações e dados obrigatórios relacionados à identificação do fabricante e/ou importador e do produto.

Fica facultada a inscrição, nos rótulos ou notas fiscais, de dados não estabelecidos como obrigatórios, desde que:

I - não dificultem a visibilidade e a compreensão dos dados obrigatórios;

II - não contenham:

- a) afirmações ou imagens que possam induzir o usuário a erro quanto à natureza, composição, segurança e eficácia do produto, e sua adequação ao uso;
- b) comparações falsas ou equívocas com outros produtos;
- c) indicações que contradizem as informações obrigatórias;
- d) afirmações de que o produto é recomendado por qualquer órgão do Governo.

Em qualquer hipótese, o nome, o endereço, o número de registro no MAPA do fabricante ou do importador e o número de registro do produto e suas garantias devem constar tanto do rótulo como do folheto.

Disposições Finais

Os teores dos macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes dos fertilizantes previstos na presente Instrução Normativa deverão ser expressos como segue:

I - Nitrogênio total (N);

II - Fósforo e Potássio (P₂O₅ e K₂O);

III - macronutrientes secundários e micronutrientes: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Silício (Si) e Zinco (Zn).

Os micronutrientes contidos nos fertilizantes deverão ser indicados na embalagem, rótulo ou etiqueta de identificação do produto por ordem alfabética do respectivo símbolo químico do nutriente.

Com exceção dos fertilizantes granulados e misturas granuladas, a porcentagem máxima de carga numa mistura física de fertilizantes não poderá ser superior a 10% (dez por cento) em massa da mistura.

Os fertilizantes, quando apresentarem características de corretivos, deverão também apresentar as garantias exigidas para estes.

13. DISCUSSÃO

Os nutrientes são fundamentais para o bom desenvolvimento das plantas, sendo macro ou micronutrientes. Este último grupo não é lembrado pela maioria dos produtores rurais na hora de dar suporte de nutrientes as plantas e manter a fertilidade do solo, além de não se ter ainda formas adequadas de misturas desses elementos com as tradicionais misturas de grânulos de NPK.

A planta mesmo sendo pouco exigente, ou melhor, extraído em pequenas quantidades os micronutrientes depende também de seu auxílio para que possa ter um bom desenvolvimento. A expressão de todo potencial genético da planta, depende fundamentalmente das condições físicas e químicas do solo, além de clima e outros fatores difíceis de serem controlados e quantificados.

Apesar de ser uma das bases da produção agrícola, pouco têm-se evoluído no que diz respeito aos fertilizantes em comparação com as empresas de sementes. Preocupa-se muito com qualidade, e não poderia ser diferente, mas esquecesse de acompanhar as evoluções tecnológicas e científicas que podem conferir ao fertilizante melhor qualidade e maior eficiência na produção.

De nada adianta ganhos genéticos com melhoramento de plantas e biotecnologia se não houver suporte adequado de nutrientes no momento, na quantidade e na forma que a planta necessita.

É preciso que o segmento de fertilizantes, uma das bases da cadeia produtiva agrícola siga os avanços tecnológicos e científicos para que possa atender melhor às necessidades dos produtores, além de garantir uma renovação que ajude a superar as adversidades do setor agrícola enfrentadas nos últimos anos.

A qualidade está sendo buscada pela indústria e cobrada pelo produtor. Sabe-se que os aspectos físicos do fertilizante são relevantes na hora da compra e para que o agricultor opte pelo produto é necessário que o adubo tenha boas propriedades físicas.

Não se imagina mais comprar fertilizantes com teores mais baixos de nutrientes pois no que diz respeito à química envolvida consegue-se suplantar as quantias declaradas na garantia. Mas ao que diz respeito às características físicas, principalmente quanto ao tamanho de partículas, busca-se ainda maior uniformidade entre as matérias primas, para evitar o principal problema envolvendo fertilizante, a segregação.

Para que tal problema seja sanado deve-se investir em pesquisa científica e cobrar dos produtores de matéria prima maior uniformidade dos grânulos ou ainda se nada resolver comprar de mais fornecedores para conseguir variedades granulométricas que possibilitem um arranjo compatível entre as matérias primas.

A busca pela qualidade e o avanço no conhecimento envolvendo fertilizantes deve ser contínua para que este importante insumo possa ter cada vez uma melhor utilização e conseqüente ganho, aumentando assim a eficiência de toda cadeia produtiva relacionada à agricultura.

15. ENSAIO

Título: Avaliação de aplicação a lanço de misturas com diferentes características físicas.

Introdução

O método mais competitivo para aplicação do fertilizante é a mistura de fertilizantes simples, formando o fertilizante misto. A principal razão da competitividade é o fato de que tal mistura fornece ao mesmo tempo, vários nutrientes à área cultivada (HEEGE, 2003).

A qualidade física de um fertilizante é um importante fator que afeta a facilidade, velocidade e uniformidade de aplicação. Os fertilizantes devem fluir livremente, se a aplicação estiver sendo feita por adubadoras a lanço, é essencial que o produto tenha um tamanho de partícula compatível para assegurar uma uniformidade ou padrão de aplicação (TANG *et al*, 2002).

Mas sobre a qualidade da mistura de fertilizantes, diversos critérios devem ser considerados. Para fertilizantes mistos o critério de qualidade mais importante é a proporção de nutrientes garantidos estar correta e serem efetivamente aplicados. O fertilizante moderno visa elevação de rendimentos em uma mão e na outra o controle ambiental (HEEGE, 2003).

Os problemas físicos mais importantes que podem ser encontrados na manipulação e uso destes produtos são o empedramento e segregação das partículas. Dentre as propriedades físicas mais importantes que podem influenciar no desempenho agrônômico está o tamanho de partícula, que é definido como a escala do diâmetro da média das partículas do material, cuja determinação consiste num processo de separação de partículas de acordo com sua fração de tamanho (TANG *et al*, 2002).

O tamanho de partícula afeta a resposta agrônômica, seu desempenho no processo de mistura, seu armazenamento e suas propriedades de aplicação. Reduzindo-se o tamanho de partículas, aumenta-se a área superficial total de um material. Se por um lado pode aumentar a solubilidade de alguns fertilizantes, principalmente os fosfatados, pode prejudicar a aplicação por se aumentar a resistência aerodinâmica (TANG *et al*, 2002).

O tamanho de partícula é muito importante para as misturas de fertilizantes, uma combinação mal feita na escala de tamanho e do grau de uniformidade, dentro dessa escala entre componentes diferentes da mistura, resultará em um produto suscetível a segregação quando lançado ao ar pelas máquinas de aplicação, as partículas maiores tenderão alcançar maiores distâncias (TANG *et al*, 2002).

A compatibilidade física é importantíssima já que garante a eficiência no uso do fertilizante, a compatibilidade entre as matérias primas depende de suas características físicas no que diz respeito a promover uma boa mistura, sem que se segreguem pela manipulação e na aplicação devido a suas características aerodinâmicas (HEEGE, 2003).

A aplicação do fertilizante a campo é feita muitas vezes por adubadoras com sistemas de aceleração centrífuga por discos giratórios. Este processo depende fundamentalmente do tamanho da partícula. Na prática o efeito da segregação por ação balística é diminuído a campo pela sobreposição de faixas de aplicação a fim de compensar a diminuição do volume de fertilizante aplicado no final das faixas (HEEGE, 2003).

Quando um fertilizante é propelido através do ar tal como acontece pela ação de uma adubadora de distribuição a lanço, as partículas de diferentes propriedades físicas seguem diferentes caminhos pela ação de vários efeitos; gravidade, pelo arraste pelo vento. O resultado é a segregação devido a ação balística. Um estudo quantitativo deste tipo de segregação implica na ação correta, real de lançar o fertilizante com uma adubadora de distribuição a lanço e a coleta de amostra junto ao solo em distâncias variáveis a partir do distribuidor de adubos. As amostras são analisadas para determinar o grau de variação que a composição do fertilizante sofre com o aumento da distância a partir da adubadora (HOFFMEISTER, 1979).

A segregação que ocorre durante a aplicação a lanço ocorre devido a diferenças na resistência aerodinâmica entre as partículas. Menciona-se frequentemente que além do tamanho ou diâmetro dos grânulos, sua densidade afeta também sua resistência aerodinâmica. E de fato, os componentes usados na mistura podem diferir na densidade de partícula. Entretanto o diâmetro de partícula no que se refere a resistência aerodinâmica é mais importante que a densidade da partícula. De todos os componentes utilizados hoje em dia, somente a uréia tem uma densidade pronunciada mais baixa, o que pode ser compensado por diâmetros maiores de partícula (HEEGE, 2003).

Pode-se concluir que os principais problemas envolvendo a segregação em todos os estágios operacionais envolvidos estarão resolvidos se as partículas possuírem tamanhos compatíveis. Este conhecimento é comum de todas indústrias de fertilizantes. Entretanto é realmente difícil combinar em uma base individual. Na teoria cada fertilizante individualmente poderia suprir sua limitação de granulometria requerida, porém as matérias primas dificilmente saem da mesma origem, tornando o processo logístico para combinar em uma base individual seria difícil de organizar e provavelmente muito caro (HEEGE, 2003).

Para verificar se um fertilizante pode ser misturado ao outro, o Canadian Fertilizer Institute desenvolveu o seguinte método: SGN (tamanho padrão de partícula), o IU (índice de uniformidade) e o MQI (índice de qualidade de mistura), que combina os valores de SGN e IU para avaliar em um só número a qualidade de misturas.

O SGN é o diâmetro calculado da partícula média expressa em milímetros. Com essa determinação é possível comparar se são compatíveis as matérias primas que irão compor uma mistura. Serão compatíveis somente materiais que não excederem a faixa de 10% entre a média dos SGN das matérias primas.

O IU é a relação percentual de tamanho das partículas pequenas para as partículas grandes contidas no produto, na prática, é a relação de tamanhos de partículas retidas ao nível de 95 e 10%.

Um IU 100 significa que todas partículas possuem o mesmo tamanho e quanto mais baixo for o valor maior será a variação de tamanho de partículas, ou seja, será menos uniforme.

O MQI é usado para utilizar um só número para avaliar a qualidade de mistura, desenvolveu-se um índice, que combina os valores de SGN e IU, subtraindo os coeficientes de variação dos mesmos de 1, logo, quanto mais próximo, a 1, menor a possibilidade de ocorrer segregação da mistura.

A aplicação do fertilizante através de máquinas a lanço exigem algumas regulagens básicas no que diz respeito a vazão e a largura de trabalho. A largura de trabalho é determinada em função de uma regularidade de dosagem, obtida com passadas adjacentes. A largura efetiva ou largura de trabalho é definida através de ensaios. Tais ensaios são de difícil execução ao nível do agricultor, já que exigem equipamentos, recursos e métodos que não estão ao alcance de um usuário comum (MOLIN & RUIZ, 1999).

Vários fatores exercem influência sobre a uniformidade de aplicação dos fertilizantes em uma área como, por exemplo, o tipo de máquina utilizada (mecanismo dosador e distribuidor), características do insumo aplicado, velocidade de aplicação e largura de trabalho (MOLIN & MAZZOTTI, 2000).

Há falta de informações confiáveis sobre a maioria das máquinas disponíveis no mercado brasileiro referentes à qualidade da aplicação realizada por aplicadores e largura efetiva de trabalho (MOLIN & RUIZ, 1999).

Para caracterizar o desempenho de máquinas de aplicação a lanço, tem-se realizado ensaios, como o de uniformidade de distribuição transversal, que demanda maior quantidade de tempo na coleta de dados e análise dos resultados. Tal ensaio é realizado a campo com a deposição de coletores padronizados para coletar o produto aplicado naquela área. As quantidades coletadas são pesadas, obtendo-se assim a curva de distribuição transversal do produto (MOLIN & MAZZOTTI, 2000).

As normas ISSO 5690/1 (ISSO, 1981) e a norma ASAE S341.2 (ASAE, 1996), estabelecem as condições necessárias para a realização do ensaio, do equipamento, produto e a metodologia para a coleta de dados. A norma ISSO 5690/1 prevê coletores padronizados de 1m de comprimento e 0,25 de largura ou 0,5 de largura por 0,5 de comprimento e profundidade mínima de 0,15m. Ainda recomenda precauções para evitar ricochete do produto aplicado, podendo ser uma grade alveolada com células de dimensões de 0,05x0,05m, cuja altura não ultrapasse a metade da altura do coletor, ou uma malha quadriculada apoiada sobre os coletores.

Milan & Gadanha (1996) ressalta a importância do dispositivo anti-ricochete para absorver a energia cinética da partícula, fazendo com que se perca ou caia no coletor ao lado, comprometendo as análises..

A norma proposta pela ASAE S341.2 tem o mesmo escopo, diferindo basicamente da norma ISO 5690/1 no tamanho dos coletores, que devem ter largura mínima de 0,30 m e comprimento no mínimo igual à largura, e também do aparato para evitar ricochetes, propondo apenas uma grade com células de 0,10 x 0,10 m (MOLIN & MAZZOTTI, 2000).

Conforme Luz et al (1986), o ensaio consiste em passar o distribuidor em funcionamento sobre uma fila de coletores, que devem ser dispostos de tal modo que fiquem perpendiculares ao eixo de deslocamento do distribuidor.

De acordo com a norma ASAE (1996), o espaçamento dos coletores deve ser uniforme, exceto aqueles que podem ser arrançados de forma a permitir a passagem da máquina aplicadora e das rodas do trator.

A quantidade de produto retido por coletor é função das propriedades físicas da partícula (densidade e tamanho), das características do coletor (tamanho, forma), da habilidade de absorver energia do coletor (superfície interna), da velocidade do vento e das características da superfície onde os coletores estão dispostos. Aumentando-se a área dos coletores, apresenta-se a diminuição dos efeitos de ricochete no resultado, tanto para dentro como para fora dos coletores (WHITNEY et al, 1987).

Metodologia

Este ensaio buscou comprovar se tamanhos de partículas diferentes gera diferença significativa na uniformidade de aplicação de fertilizantes feitos a partir de misturas de grânulos e se o MQI, índice que relaciona o tamanho de partícula (SGN) e a uniformidade entre as partículas (IU), utilizado pela indústria de fertilizantes para escolha de matérias primas compatíveis, pode garantir uniformidade na hora da aplicação do fertilizante.

As análises físicas das matérias primas e cálculo de SGN, IU e MQI foram feitos no laboratório de análises físicas, setor de qualidade da empresa Fertipar Fertilizantes do Paraná na unidade de industrialização de Paranaguá, PR e o ensaio foi realizado na Fazenda Estrela de Eder Rickler, na localidade Nova Galícia em Prudentópolis, PR.

A distribuição do adubo foi realizada utilizando-se a adubadora a lança marca Trioliet, tracionada pelo engate de três pontos de um trator da marca John Deere, modelo 5605. A adubadora tem mecanismo distribuidor centrífugo de 2 discos horizontais. A velocidade de deslocamento foi de 8 km/hora, utilizando-se a 2ª marcha “b”, com a velocidade da TDP de 540 RPM.

O cloreto de potássio (KCl) e a uréia foram utilizados por serem freqüentemente utilizados na adubação de cobertura, principalmente do milho e por facilitar o arranjo entre granulometrias diferentes pelo uso de uréia perolada “fina” e granulada “grossa”, além de cloreto “grosso”, “intermediário” e “fino” conforme a uniformização de tamanhos de partículas, realizada devido a desuniformidade entre as partículas do cloreto.

A uniformização do tamanho de partículas do cloreto se deu por peneiramento, sendo que ocorreu pela passagem ou retenção nas peneiras com três aberturas de malhas distintas, uma com abertura maior para reter as partículas demasiadamente grandes, uma intermediária, para selecionar os tamanhos grande, intermediário e outra com aberturas pequenas para o descarte do pó e seleção do tamanho de partícula pequeno ou cloreto “fino”.

Realizou-se a análise física do material empregado após a homogeneização procedendo-se da seguinte maneira:

Determinação da Densidade

Após o recebimento da matéria prima determinou-se a densidade aparente, da seguinte forma: encheu-se um recipiente de volume conhecido, pesou-se, foi registrado o peso, repetiu-se a operação por 4 vezes. Fez-se a média das repetições, sendo o resultado expresso em Kg/m³.

Determinação SGN e IU:

Após ter recebido a matéria prima procedeu-se a mistura das contra amostras. Homogeneizou-se a amostra e quarteou-se até chegar a uma fração de 120 a 180 gramas.

Pesou-se integralmente a amostra, colocando sobre as peneiras encaixadas umas sobre as outras, ficando a de maior malha acima e assim sucessivamente as de malha menor abaixo.

Agitou-se por 5 minutos com 10 pontos de vibração. Pesou-se as frações retidas em cada peneira. Calculou-se o percentual retido por peneira.

Através de um programa de computador específico foram calculados os valores do SGN e IU.

O tamanho padrão de partícula pode ser calculado conforme a fórmula:

$$SGN = \frac{(50 - P1) \times (D2 - D1) + D1}{(P2 - P1)}$$

Onde:

P1 = percentagem do material acumulado abaixo de 50%.

P2 = percentagem do material acumulado acima de 50%.

D1 = diâmetro da peneira em mm x 100 do material acumulado acima de 50%.

D2 = diâmetro da peneira em mm x 100 do material acumulado abaixo de 50%.

Seguiu-se ao cálculo do índice de uniformidade (IU) e índice de qualidade de mistura (MQI) da seguinte forma:

IU: Para sua determinação, achou-se a peneira com percentual abaixo e acima de 95% pela fórmula abaixo:

$$95\text{mm} = \frac{y - 95 \times (A_{\text{mm}} - C_{\text{mm}})}{(y - x)} + C_{\text{mm}}$$

Onde:

95mm = diâmetro da peneira em mm que contém 95% do material

y = percentagem acumulada acima de 95%

x = percentagem acumulada abaixo de 95%

A = diâmetro da peneira em milímetros com % acumulada abaixo de 95%

C = diâmetro da peneira em milímetros com % acumulada acima de 95%

Em seguida encontrou-se as peneiras com percentual abaixo e acima de 10% das partículas, pela fórmula:

$$10\text{mm} = \frac{y - 10 \times (A_{\text{mm}} - C_{\text{mm}})}{(y - x)} + C_{\text{mm}}$$

Onde:

10mm = diâmetro da peneira em mm que contém 10% do material

y = percentagem acumulada acima de 10%

x = percentagem acumulada abaixo de 10%

A = diâmetro da peneira em milímetros com % acumulada abaixo de 10%

C = diâmetro da peneira em milímetros com % acumulada acima de 10%

O IU do material foi calculado, dividindo o valor de 95 pelo de 10 e multiplicar por 100.

$$IU = 95\text{mm}/10\text{mm} \times 100$$

MQI: para o cálculo de MQI, encontraram-se os coeficientes de variação dos SGN's e IU's:

$$MQI = 1,0 - (CV \text{ dos SGNs} + CV \text{ dos IUs})$$

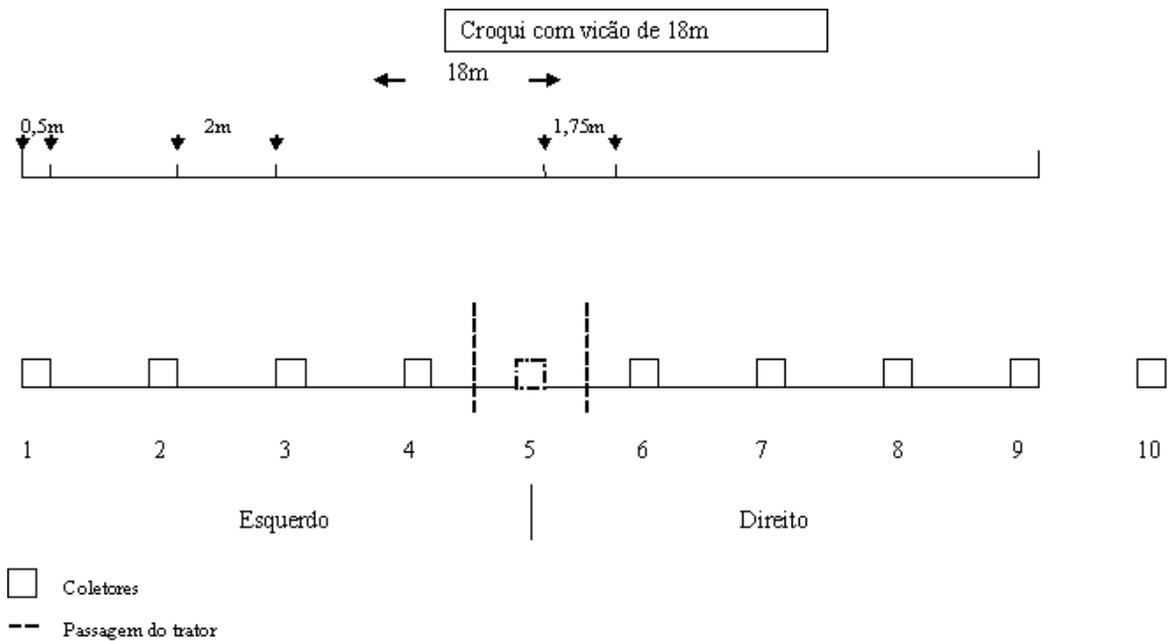
$$CV = \text{Desvio padrão dividido pela média}$$

O fertilizante aplicado foi uma mistura de cloreto de potássio (KCl) e uréia na proporção de 80% de uréia e 20% de KCl, cuja fórmula segundo as garantias das matérias primas utilizadas de 45% de N da uréia e 60% de K₂O do KCL é 36-00-12.

A dose empregada, variou para já que a regulagem da adubadora foi a mesma para todos tratamentos, sendo que foram utilizados 100 kg de 36-00-12 por tratamento para cobrir a área de cada tratamento e para evitar falhas ou desvios de aplicação devido à falta de carga na adubadora.

Foram analisadas as proporções coletadas ao longo da faixa transversal de aplicação por coletores pela extensão da largura de trabalho, a qual foi de 18 metros, houve a observação do comportamento em 20 metros, já que foi colocado mais um coletor por repetição no lado direito do deslocamento, a aplicação foi iniciada 20 metros antes da primeira repetição de cada tratamento para estabilização do fluxo do material e concluída 20 metros após a última fila de coletores para que o adubo que é lançado para trás da adubadora fosse captado. A distância entre coletores foi de 2m entre coletores, exceto o coletor do centro que ficou a uma distância de 1,75m para a passagem das rodas do trator, conforme demonstra a figura abaixo:

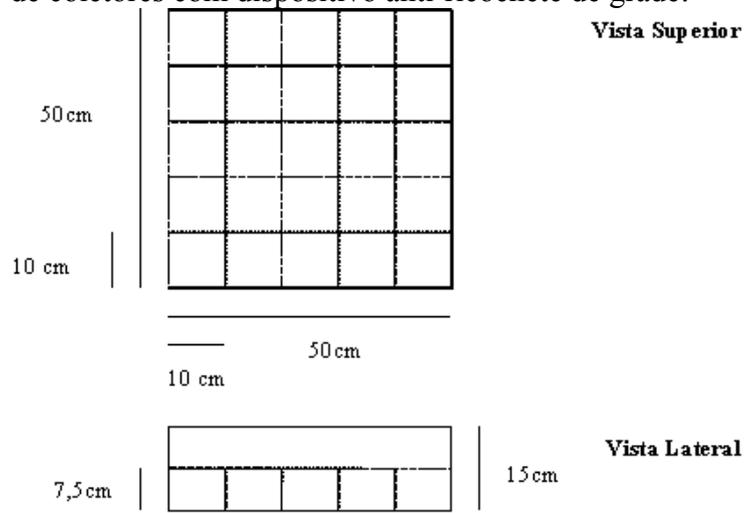
Fig 1. Croqui demonstrando uma repetição:



A área dos coletores foi calculada observando a norma ISO 5960/1 (ISO, 1981) com $0,25m^2$ e o comprimento e largura seguiram a norma ASAE S341.2 (ASAE, 1996), ficando com 50 x 50cm de largura e 15cm de altura. Ainda conforme a norma ISO

5960/1 (ISO, 1981), foram utilizados dispositivos anti-ricochete que consistindo na divisão do coletor em células de 10 x 10cm de largura e com profundidade de 7,5cm, conforme figura seguinte.

Fig 2. Modelo de coletores com dispositivo anti-ricochete de grade:



O ensaio consistiu na distribuição do fertilizante, passando por sobre os coletores dispostos pela faixa transversal. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos, sendo eles: Tratamento 1 (Uréia “grossa” + KCl “grosso”), Tratamento 2 (Uréia “grossa” + KCl “intermediário”), Tratamento 3 (Uréia “grossa” + KCl “fino”), Tratamento 4 (Uréia “fina” + KCl “grosso”), Tratamento 5 (Uréia “fina” + KCl “intermediário”), Tratamento 6 (Uréia “fina” + KCl “fino”), em função da granulometria das matérias primas e quatro repetições por tratamento, realizadas na mesma faixa de aplicação de cada tratamento, distanciados a 1,5m entre repetições. Foi realizado em uma superfície plana sem presença aparente de correntes de ar ou vento.

Após a passagem por cada tratamento realizou-se a coleta dos materiais para posterior pesagem. Os resultados passaram por testes estatísticos através da análise de variância e as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de Tukey, para determinar se os coletores apresentaram diferença significativa de volume de aplicação entre os blocos e entre tratamentos.

Para o cálculo da concentração de nutrientes ao longo da faixa (fórmula) usou-se o volume de uréia e cloreto de potássio. Não foram realizadas análises químicas, utilizou-se para uréia a garantia de 45% de N e para o cloreto de potássio 60% de K₂O.

Resultados e Discussão

As características físicas analisadas foram a granulometria, densidade, índice de uniformidade e dureza. A umidade do material não foi determinada, utilizou-se o material conforme sai da indústria. Principalmente a uréia que é mais higroscópica variou conforme a umidade relativa do ar, não foi observada nenhuma alteração de umidade que prejudicasse o andamento do ensaio.

Tab 1. Características físicas das matérias primas empregadas:

mm	TYLER/MESH	Uréia Fina*	Uréia Grossa*	KCl Grosso*	KCl Intermediário*	KCl Fino*
4,75	5	0,00	0,07	1,97	0,00	0,00
4,00	6	0,00	1,89	12,48	1,02	0,00
3,35	7	0,00	21,61	30,32	12,34	0,00
2,80	8	1,81	33,84	34,60	28,88	1,55
2,36	9	9,79	21,54	10,24	23,88	4,97
2,00	12	33,18	13,99	8,92	20,39	50,70
1,40	16	47,42	6,36	1,31	12,92	40,98
1,00	20	5,53	0,49	0,11	0,57	1,64
0,50	32	1,64	0,14	0,05	0,00	0,08
FUNDO	FUNDO	0,63	0,07	0,00	0,00	0,08
SGN		195	292	325	265	205
IU		0,72	0,68	0,73	0,66	0,81
Densidade		742	721	1050	1021	1061
Dureza Kgf		1,30	1,82	6,74	6,13	7,50

* Percentual retido por malha

EXPERIMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS

Tab 2. Quadro de análise, médias e medidas:

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	9	4166.86463	462.98496	42.6940 **
Tratamentos	5	324.36683	64.87337	5.9823 **
Resíduo	45	487.99212	10.84427	
Total	59	4979.22358		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	16.07250	b
2	18.04000	ab
3	16.05500	b
4	20.50250	a
5	20.72250	a
6	22.01750	a

DMS = 4.38065

Médias de bloco

1	17.41667	cd
2	15.92500	cd
3	20.73333	bc
4	24.62500	b
5	38.97083	a
6	21.15000	bc
7	16.64167	cd
8	12.88333	d
9	15.40417	cd
10	5.26667	e

DMSB = 6.33207

MG 18.90167

CV% = 17.42208

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

F.V. = Fonte de variação G.L. = Graus de liberdade

S.Q. = Soma de quadrado Q.M. = Quadrado médio

F = Variável do teste F MG = Média geral

CV% = Coeficiente de variação em %

DMS = Diferença mínima significativa

Os resultados demonstram que entre os tratamentos houve diferença significativa no que se refere ao volume aplicado entre os tratamentos, principalmente naqueles com Uréia “Grossa” dos com Uréia “fina”, exceto o tratamento 2 que não diferiu dos demais tratamentos.

Entre os blocos, observou-se diferença significativa no volume de aplicação, sendo que a aplicação concentrou-se mais no centro e menos nas extremidades, numa forma geral alguns blocos não diferiram significativamente, para melhor compreensão do comportamento de cada tratamento ao longo da faixa foi feito um estudo individual apresentando valores de volume aplicado e da concentração de nutrientes ao longo da faixa.

Tratamento 1: Uréia “Grossa” + KCl “Grosso”

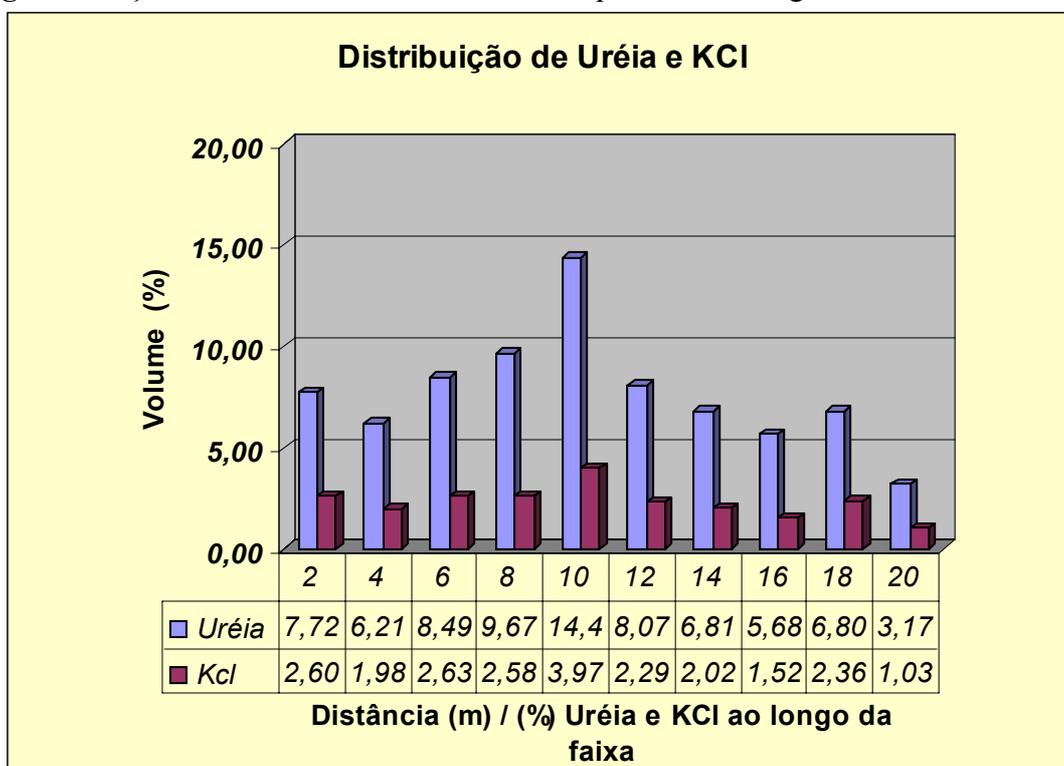
Volume/ha: 321,5

MQI= 0,8742

O MQI do tratamento 1 foi alto em comparação aos demais tratamentos, o que em tese garante uma aplicação relativamente uniforme no que diz respeito às características físicas.

Constatou-se na prática que o volume aplicado teve uma variação ao longo da faixa, porém a variação entre os tratamentos 1, 2 e 3, cuja uréia “grossa”, matéria prima responsável por 80% do material presente na fórmula foi pequena, a uréia garantiu que houvesse pouca variação de volume aplicado entre os mesmos, como a uréia “grossa” tem massa menor que o da uréia fina, e as duas o formato esférico a uréia “grossa” tem menor área superficial específica, ou seja menor área de atrito, alcançando distâncias maiores com a força aplicada.

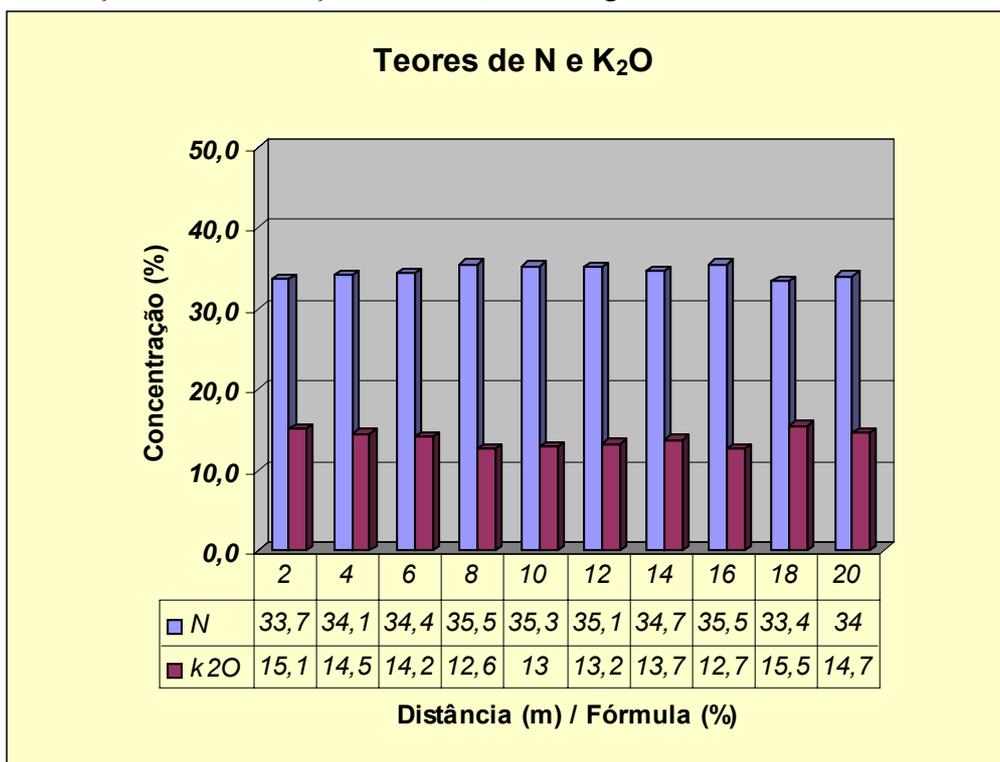
Fig 3. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A concentração de nutrientes ao longo da faixa teve a menor variação em comparação com os outros tratamentos. A compatibilidade entre esses materiais ocorreu porque a uréia e o cloreto de potássio usados nesse tratamento tinham um tamanho de partícula grande, logo em comparação com os demais tiveram menor ASE (área superficial específica, que é definida como a razão entre a área e a massa da partícula), além disso o tamanho da uréia (massa) foi menor que a do cloreto, mas em compensação o formato do cloreto de potássio não é esférico, o que garante uma ASE compatível. Se os materiais tivessem o mesmo formato a ASE da uréia seria maior, pela massa menor, porém as partículas de cloreto não tem formato tão arredondado quanto a uréia, compensando a menor massa, pela maior superfície da partícula.

Mesmo não possuindo o MQI mais alto essa mistura foi a mais uniforme, já que o MQI leva em conta apenas o SGN e IU, ou seja índices relacionados somente ao tamanho de partícula, não levando em conta a relação entre a superfície e a massa, aspectos fundamentais no comportamento aerodinâmico de superfícies particuladas.

Fig 4. Variação da concentração de N e K₂O ao longo da faixa:



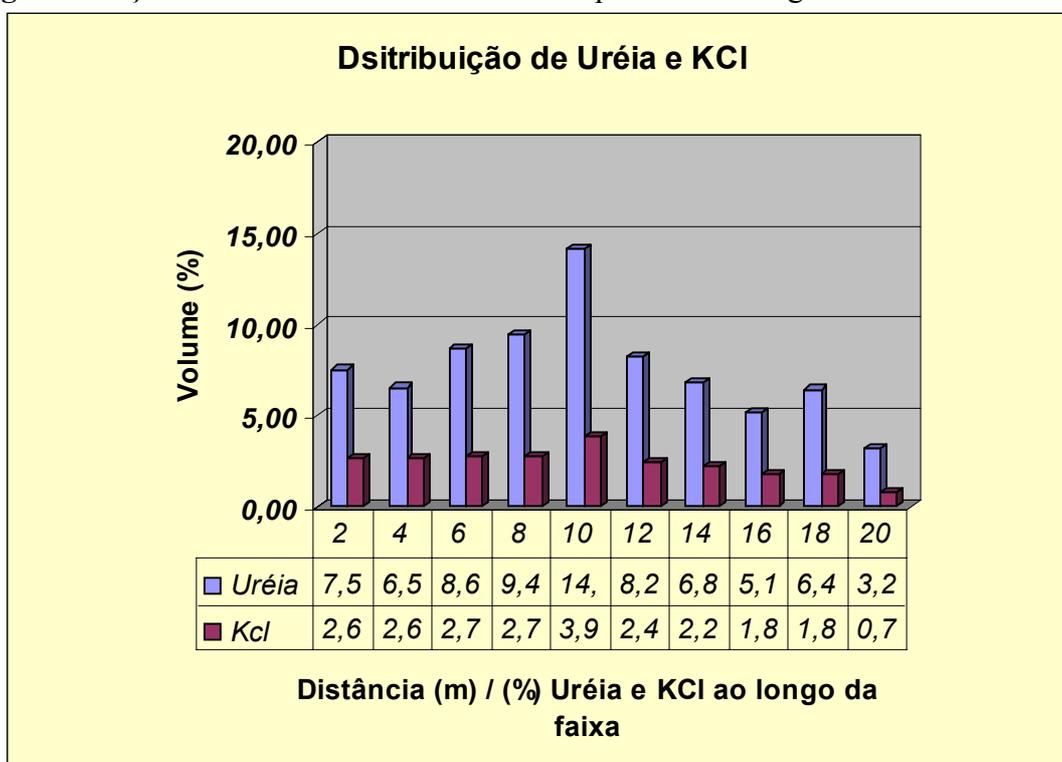
Tratamento 2: Uréia “Grossa” + KCl “Intermediário”

Volume/ha: 360,8

MQI= 0,9103

A variação da quantidade de adubo aplicado ao longo da linha transversal, variou pouco, deixando claro que com partículas com ASE menor, pode-se aplicar o fertilizante usando uma largura efetiva de trabalho maior, já que a quantidade de fertilizante aplicada sofrerá menor alteração de volume ao longo da faixa, devido a menor área de atrito. A granulometria maior da uréia em comparação aos tratamentos 4, 5 e 6 confere menor resistência aerodinâmica, alcançando maiores distâncias e diminuindo a concentração de partículas que ficam concentradas no centro da faixa.

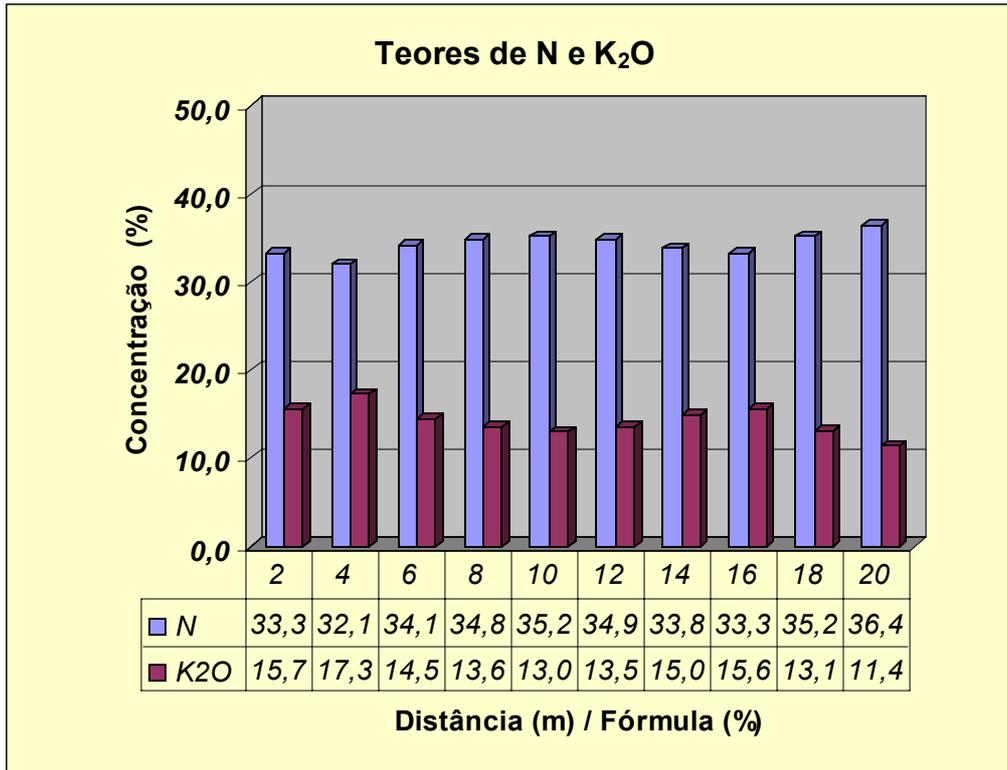
Fig 5. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A respeito da concentração de nutrientes ao longo da faixa essa mistura obteve uma variação pequena ao longo da faixa porém ficou distante da fórmula aplicada, sendo observada uma fórmula próxima a 36-00-12 somente no final da faixa, depois dos 18 metros. Apesar de possuir o MQI mais alto entre os tratamentos não foi a mais uniforme e nem ficou próxima a fórmula aplicada.

O cloreto de potássio “intermediário” ficou mais concentrado ao longo da faixa em comparação ao tratamento 1, pela massa menor que a do cloreto “grosso”, logo maior ASE em comparação ao outro.

Fig 6. Variação da concentração de N e K₂O ao longo da faixa:



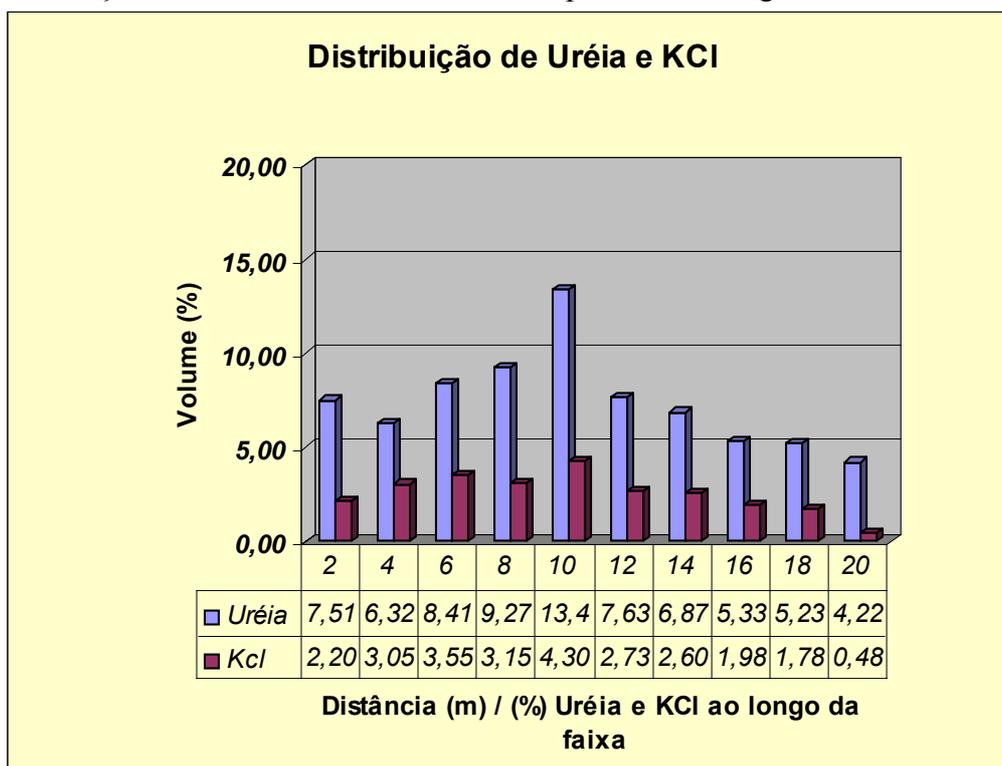
Tratamento 3: Uréia “Grossa” + KCl “Fino”

Volume/ha: 321,1

MQI= 0,6291

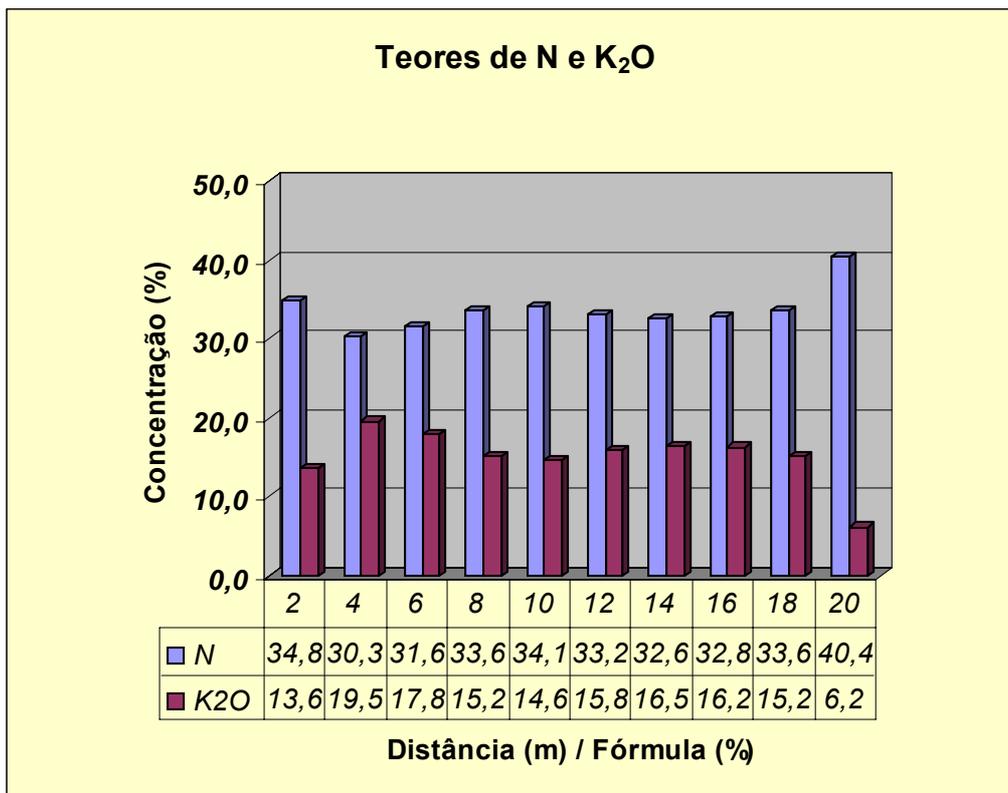
A uniformidade do volume de aplicação ao longo da faixa seguiu a tendência dos tratamentos 1 e 2 pelo emprego da uréia “grossa”, todavia com volume de cloreto de potássio menor aproximando-se das extremidades.

Fig 7. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A variação na concentração dos nutrientes foi visível, observa-se que a relação entre superfície e massa do cloreto de potássio “fino” é incompatível com a da uréia “grossa” pois a concentração de cloreto de potássio ficou muito alta ao logo da faixa, depois dos 18 metros se observou aumento expressivo concentração de uréia, logo não há compatibilidade entre uréia e cloreto de potássio com essas características, o que não é de se surpreender já que a ASE do cloreto de potássio é muito alta em comparação com essa uréia. Além de a uréia ter uma forma arredondada, a massa desse cloreto é muito menor que a da uréia, confere uma resistência aerodinâmica maior. Tais propriedades causam deuniformidade pois excedem a relação de compatibilidade entre as superfícies e massas.

Fig 8. Variação da concentração de N e K₂O ao longo da faixa:



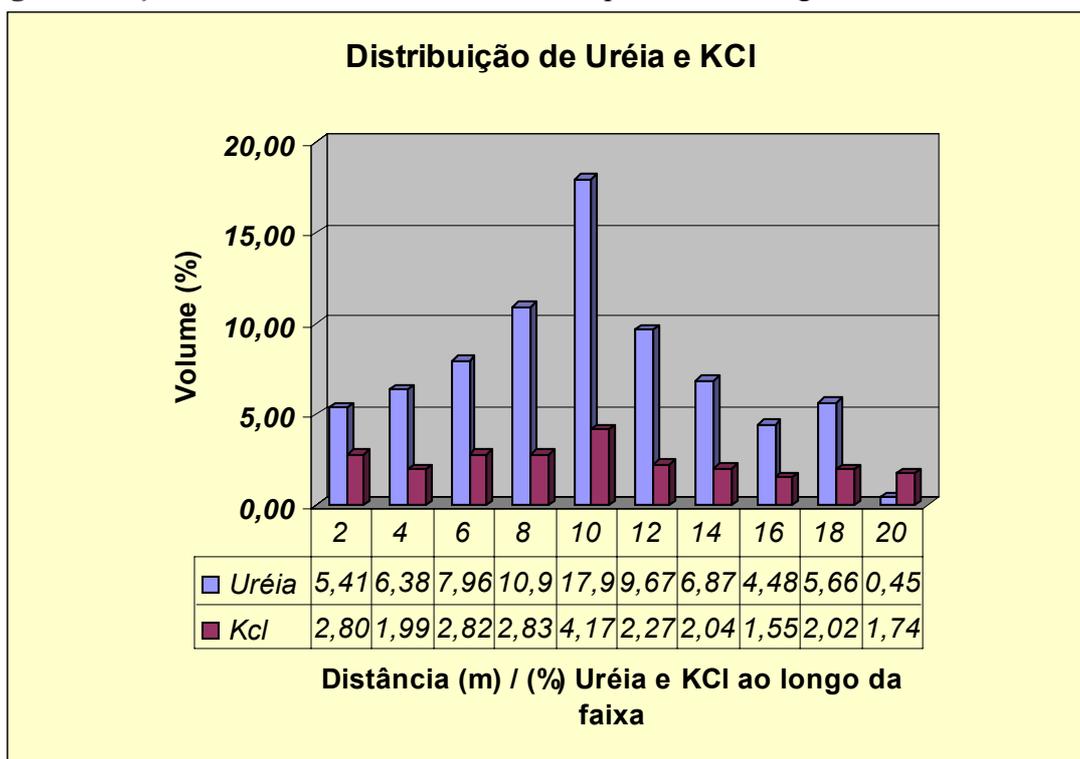
Tratamento 4: Uréia “Fina” + KCl “Grosso”

Volume/ha: 410,1

MQI= 0,6367

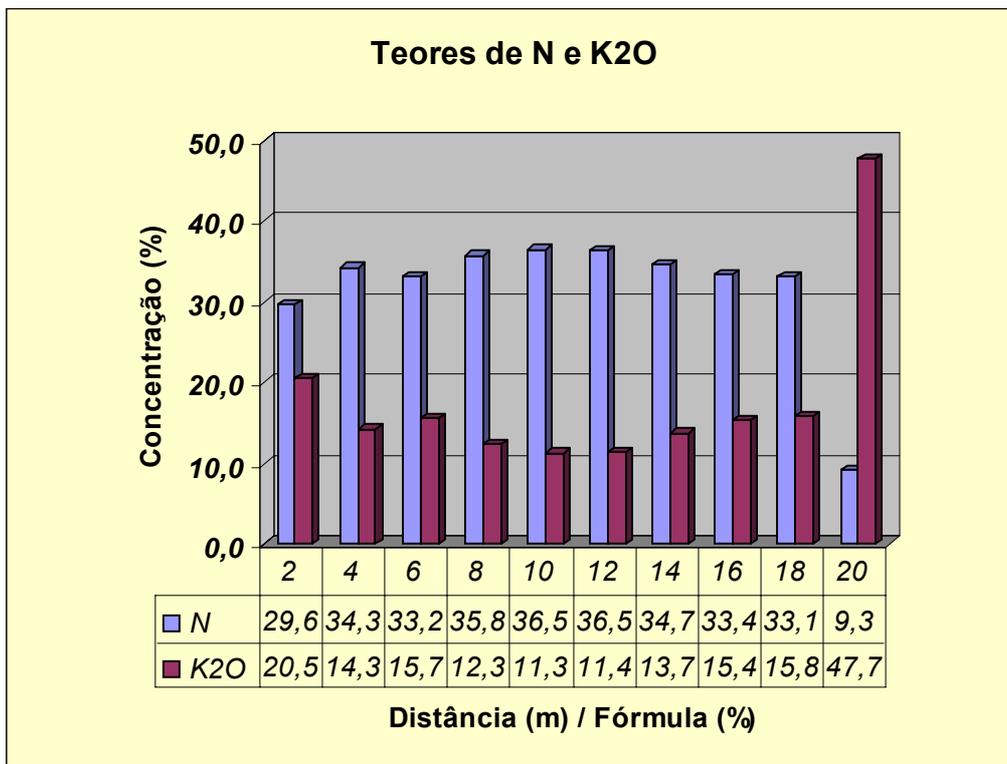
Essa mistura apresenta um índice de qualidade muito baixo e pela massa menor da uréia que é o constituinte presente em maior proporção na mistura, observou-se que grande parte do fertilizante aplicado concentrou-se no centro da faixa de aplicação. A dosagem foi mais alta que a dos tratamentos 1, 2 e 3, mesmo tendo a mesma regulagem entre esses tratamentos pelo ASE da mistura.

Fig 9. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A proporção de nitrogênio e K_2O no centro da faixa esteve próxima ao proposto 36-00-12, porém aproximando-se das extremidades o volume de K_2O aumentou muito rapidamente, tanto pela massa da partícula do cloreto de potássio ser maior, neste caso, que o da uréia, quanto pela superfície específica da uréia muito alta, conseqüentemente o uso da mistura com essas tais características é extremamente suscetível a segregação por ação balística, devido ao atrito elevado sofrido pela uréia.

Fig 10. Variação da concentração de N e K_2O ao longo da faixa:



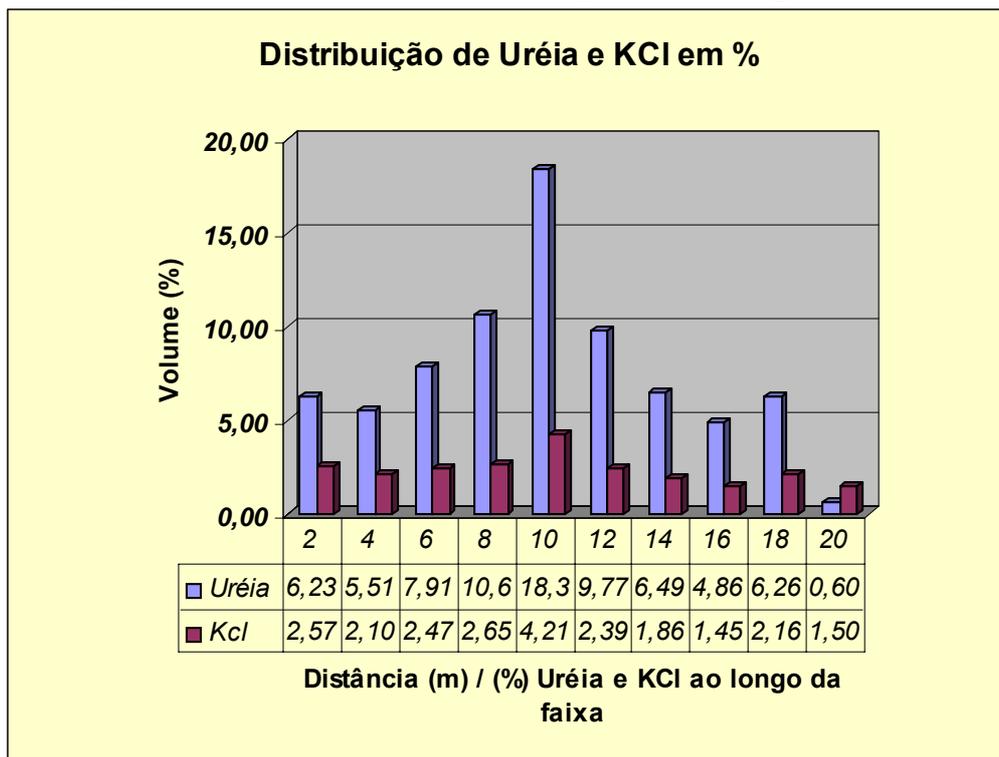
Tratamento 5: Uréia “Fina” + KCl “Intermediário”

Volume/ha: 414,5

MQI= 0,7233

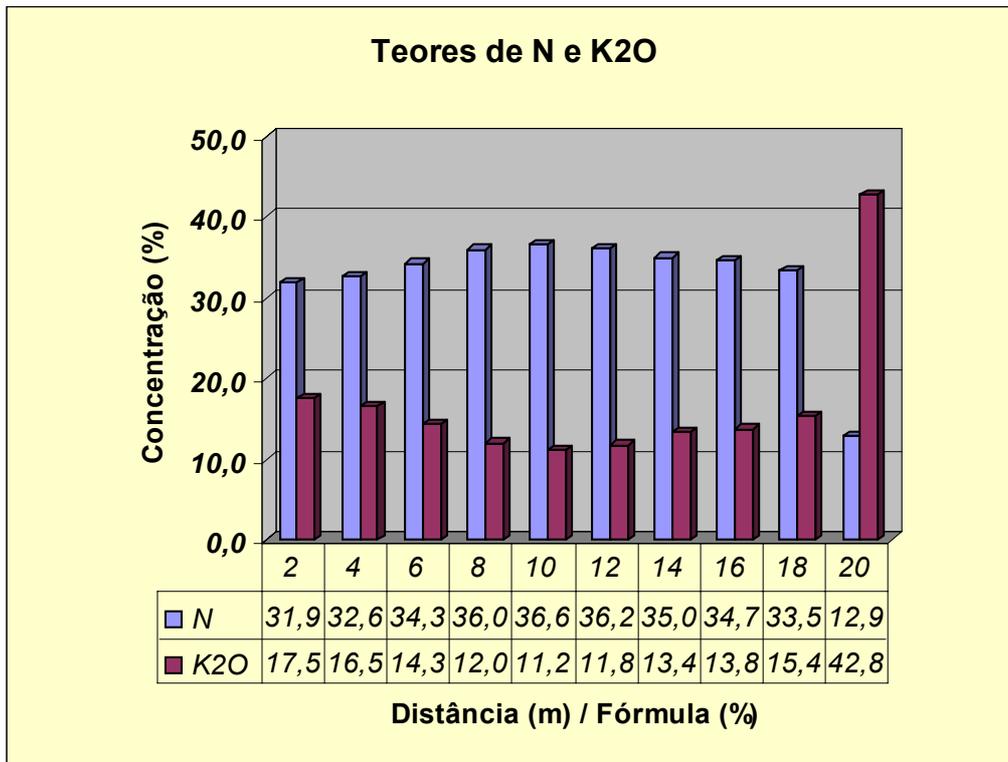
A dose por hectare seguiu a tendência crescente dos demais tratamentos, sendo observada uma dose maior que os tratamentos com uréia grossa e apresentando comportamento inverso entre tamanho de partícula e dose por área. Também ficou bastante concentrada no centro e apresentou um MQI intermediário considerando-se os demais tratamentos.

Fig 11. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A variação na concentração de N e K₂O ao longo da faixa foi grande, apresentando um comportamento parecido com o do tratamento 4, embora menos pronunciado, já que a variação foi um pouco menor. Se observarmos o centro da linha a proporção de N e K₂O é muito boa porém ao decorrer da faixa começa a diminuir o teor de N e o de K₂O aumentar, tornando-se bastante desuniforme, se usado essa largura de trabalho, com uma largura menor, logo, sobreposições de faixa maiores, podem amenizar tal efeito.

Fig 12. Variação da concentração de N e K₂O ao longo da faixa:



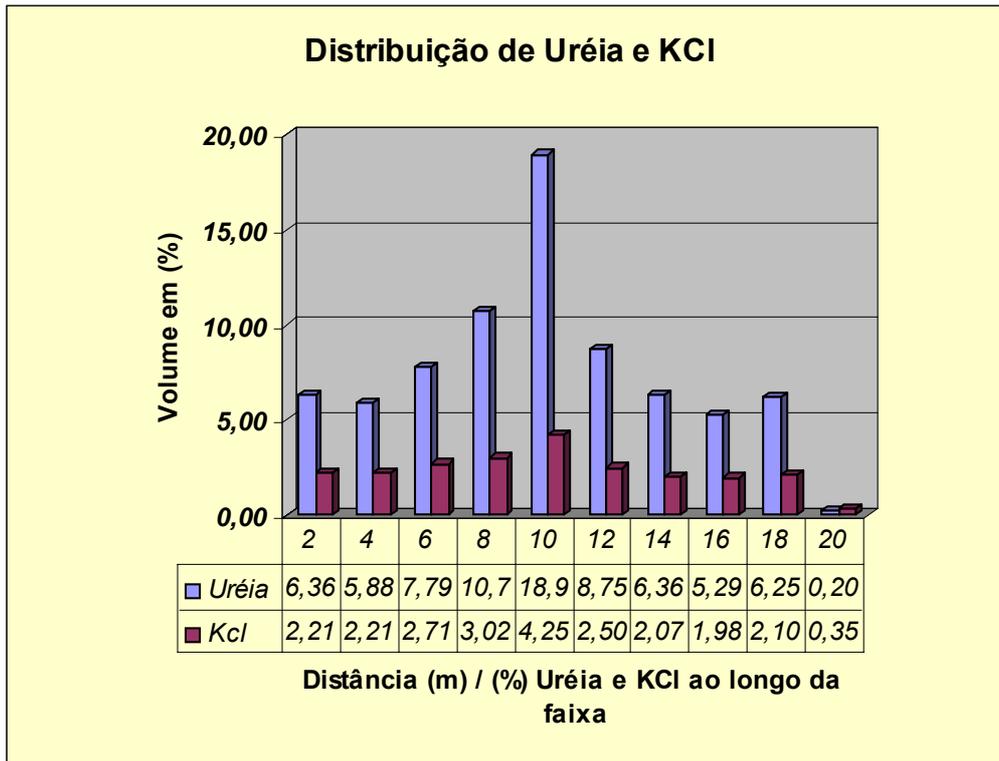
Tratamento 6: Uréia “Fina” + KCl “Fino”

Volume/ha: 440,4

MQI= 0,8815

A aplicação ficou muito concentrada no centro da faixa, podendo-se observar que a sobreposição de faixas deve ser maior em função da desuniformidade no volume aplicado ao longo da faixa para compensar tal desvio. A ASE de ambos é muito alta causando muito atrito ao serem lançados embora o MQI da mistura seja alto.

Fig 13. Variação do volume de uréia e cloreto de potássio ao longo da faixa:



A ASE da uréia foi maior que a do cloreto de potássio, já que a massa do cloreto de potássio foi maior e o formato se aproximou mais do formato esférico da uréia, resultando numa concentração maior de K_2O no final da faixa, apesar de pouco volume já que a ASE da mistura foi alta.

Fig 14. Variação da concentração de N e K_2O ao longo da faixa:

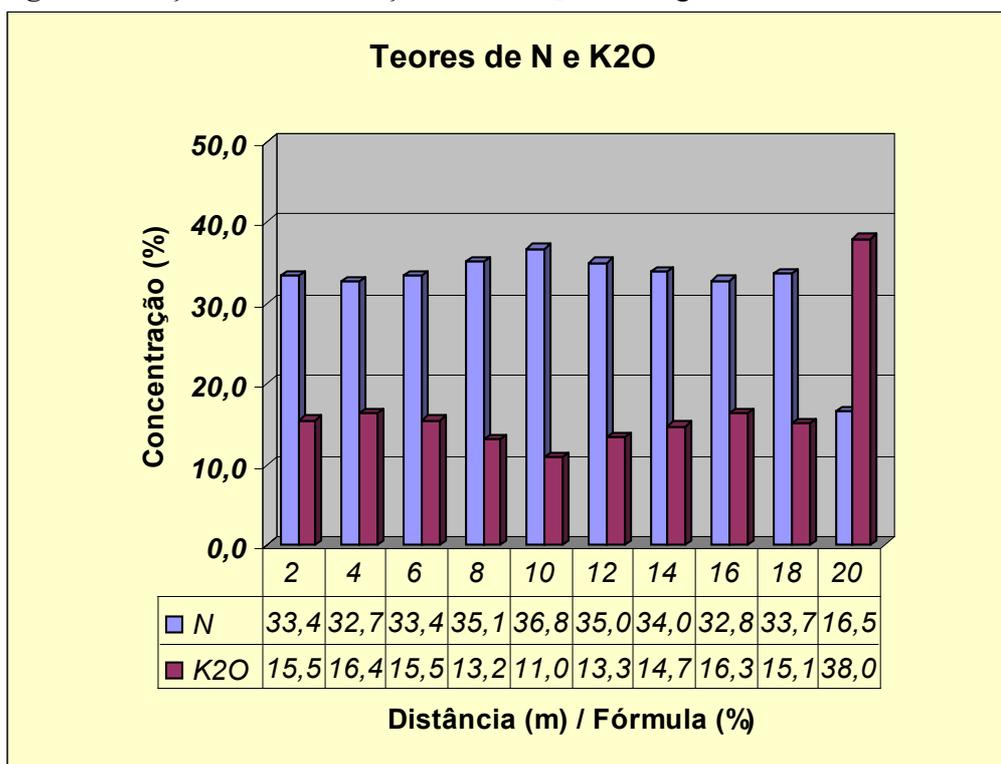
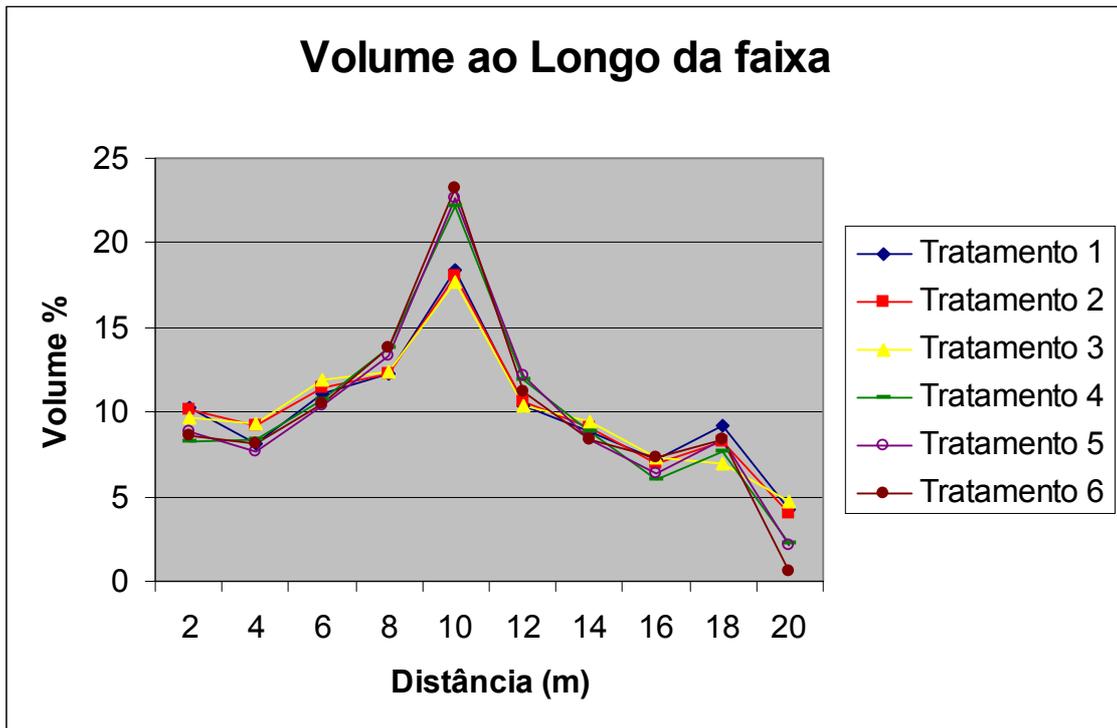
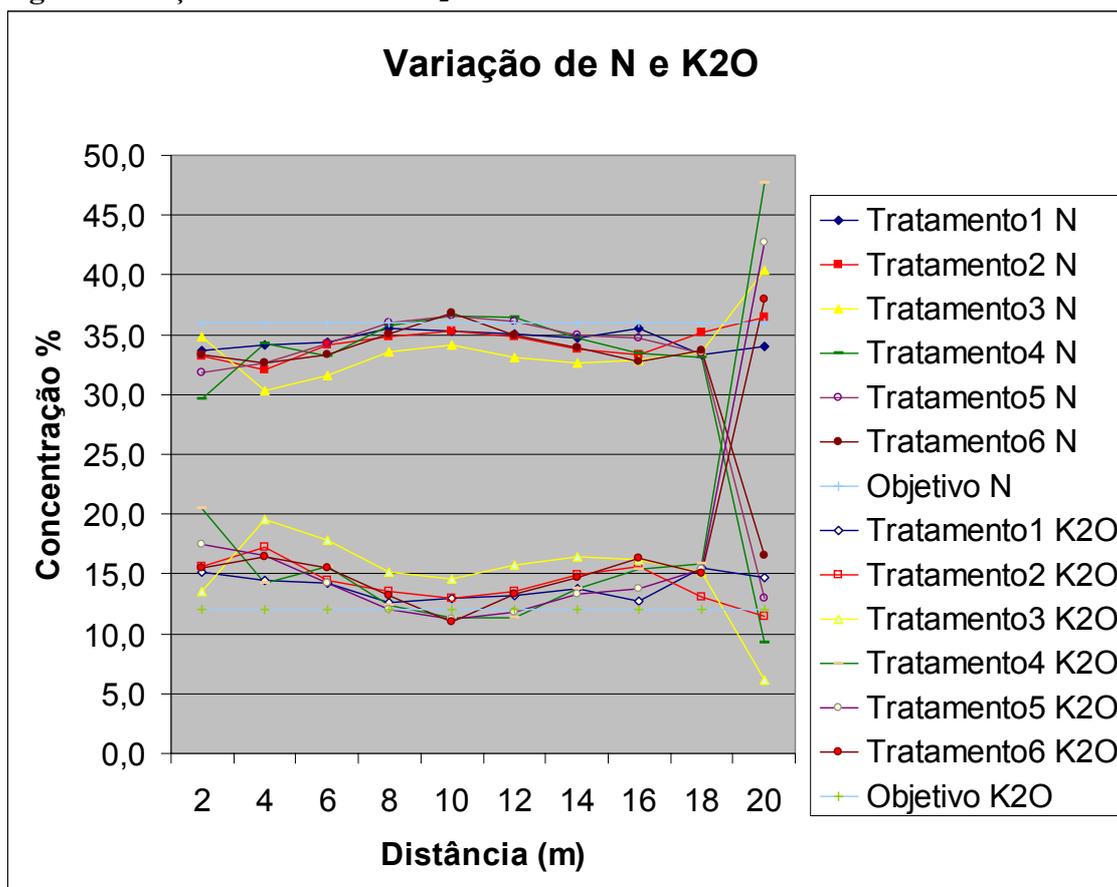


Fig 15. Volume aplicado ao longo da faixa:



O comportamento do volume aplicado ao longo da faixa foi parecido entre os tratamentos onde a uréia, o constituinte presente em maior proporção foi o mesmo, ou seja tratamentos 1, 2 e 3, com menor variação de volume ao longo da faixa e tratamentos 4, 5 e 6 com uma concentração maior no centro da faixa de aplicação.

Fig 16. Variação do teor de N e K₂O entre os tratamentos:



A ASE realmente influencia na aplicação, já que onde houve a menor variação foi no tratamento em que foi misturado o cloreto “grosso” com uréia “grossa”, tratamento 1, mesmo tendo o cloreto um tamanho de partícula maior.

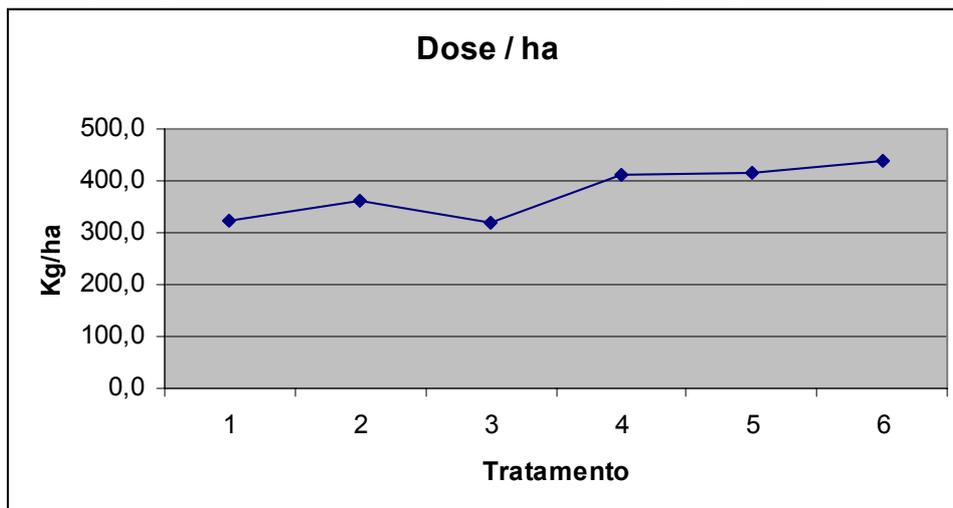
No caso da segregação por ação balística um MQI alto não garante uma aplicação uniforme, pois existem mais variáveis envolvidas como a relação de ASE, ou seja superfície pela massa, como pode-se perceber o tratamento 2, mesmo com maior valor de MQI não obteve a maior uniformidade.

O uso a uréia com “grossa” junto do Cloreto de potássio “fino” foi altamente incompatível pois além do formato menos aerodinâmico do cloreto de potássio a maior massa da uréia agrava o efeito da segregação.

O uso de uréia “fina” com o cloreto de potássio “grosso” e ”intermediário”, tratamentos 3 e 4, é incompatível pois a massa do cloreto de potássio, neste caso, é muito maior que o da uréia.

No caso da uréia “fina” com o cloreto de potássio “fino”, observou-se segregação nas extremidades da final da faixa de aplicação, porém próximo ao centro observou-se fórmulas próximas ao objetivo 36-00-12, se usado maiores faixas de sobreposição pode-se amenizar tal desuniformidade.

Fig 17. Dosagem aplicada de 36-00-12, transformada em quilogramas por hectare:



Com a mesma regulagem de volume, observou-se em alguns tratamentos diferenças no volume aplicado quando se estima volume por hectare, sendo que os tratamentos 1 e 3 diferiram significativamente dos tratamentos 4, 5 e 6.

CONCLUSÃO

O MQI não deve ser usado como único critério para garantir a qualidade de aplicação, quando o fertilizante é aplicado a lanço.

A forma diferente, ou seja, a superfície da uréia em comparação com o cloreto de potássio tem influência sobre a aplicação a lanço, devendo-se usar partículas de massa e superfície compatíveis.

Atualmente se despreza a influência da área superficial específica em estudos de segregação por ação balística, levando-se em conta somente o tamanho de partícula, mas em matérias primas com superfícies diferentes como no caso do cloreto de potássio e a uréia é fundamental levar em conta tais relações para conferir maior eficiência agrônômica ao fertilizante, devendo-se realizar mais pesquisas neste sentido.

Podem ser realizados testes para comprovar se a segregação no final da linha onde cai maior teor de K_2O ou N, porém em quantidade pequena, afeta economicamente a produção, através da análise de produtividade, além disso pode-se avaliar o tamanho de faixa ideal de sobreposição para as misturas que se mostrarem compatíveis.

BIBLIOGRAFIA (Ensaio)

HEEGE, Hermann J. Quality of raw materials for fertilizer-blends: defining a standard. Rencontres Internacionales de 1^o AFCOME Bulk Blending. Strasbourg, Germany: Department of agricultural Systems Engineering, 2003.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. ASAE Standards. St. Joseph, p.3, 1996.

ISO. International Standard. Equipament for distributing fertilizer test methods - Part 1: Full width fertilizer distributors. 5690/1. 19 82 (E). Geneve, International Standards Organization. 1982.

LUZ, P. H. C. & TOURINO, C. Ensaio demonstração da determina o da faixa de deposi o de corretivo no solo. In: Simpósio sobre a aplica o de calcário na Agricultura, Campinas, FUNDA O CARGILL, 1986.

MILAN, M.; GADANHA JUNIOR, C.D. Ensaio e certifica o das máquinas para aplica o de adubos e corretivos. In: MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: Ensaio & certifica o. Piracicaba, SP: Funda o de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.

MOLIN, J.P.; COELHO, J. L. D.; VASARHELYI, A. Programa computacional para análise de distribui o distribui o transversal em aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e I Simpósio de Engenharia Agrícola do Cone Sul, Santa Maria, v.4 , 1992.

MOLIN, J.P., MAZZOTTI, H. C. Influência da utiliza o e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2000.

MOLIN, J.P., RUIZ, E.R.S. Valida o de métodos simplificados de determina o da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos a lanço. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Pelotas, CDrom, 1999.

MOLIN, J.P., RUIZ, E.R.S. Erro de percurso em aplica o a lanço. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 1999.

WHITNEY, R.W.; ROTH, L.O.; KUHLMAN, D.K. Performance of selected granular collectors. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 1987.

HOFFMEISTER, George. Propriedades físicas de fertilizantes e métodos para sua avalia o. Traduzido por Mario Luiz de Castro Mattos. CEFER/IPT 1989. Tradu o de: NFDC National Fertilizer Development Center. Alabama, 1979.

TANG, V. M. P.; PATTERSON, P. H. Size segregation studies using a primary segregation shear cell. ASAE Meeting Preservation. Chicago, Illinois, USA, 2002.

14. BIBLIOGRAFIA (Relatório)

CANTARELLA, Heitor. Avaliação do efeito inibidor de urease NBPT (N-(n-Butil) Tiofosfórico Triamida) sobre a eficiência da uréia fertilizante em condições de solos breasileiros. FUNDAG, outubro de 2003.

CORRADI, Luciana Andréia. Utilização do SGN e IU como método de avaliação das matérias primas utilizadas em misturas de fertilizantes. UEPG, Ponta Grossa – PR, julho de 2002.

HOFFMEISTER, George. “Particle size control requeriments for granular fertilizers” Canadian Fertilizer Institute Annual Conference – Quality Control Session. Março de 1981.

HOFFMEISTER, George. Propriedades físicas de fertilizantes e métodos para sua avaliação. Traduzido por Mario Luiz de Castro Mattos. CEFER/IPT 1989. Tradução de: NFDC National Fertilizer Development Center. Alabama, outubro de 1979.

INTERTRADE. Boletim técnico. Hiperfosfato natural de gafsa. Intertrade comércio internacional, São Paulo SP, novembro de 1998.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique *et al.* Silício no solo e na planta – Boletim técnico Nº 3. UFU, Uberlândia, dezembro de 2004.

NAVASCUES, Luc. Resumo: Patente de invenção – Utilização de composições compreendendo amins graxas e composição para revestimento de fertilizantes granulares. INPI, outubro de 1997.

SILVEIRA, Paulo B. M.. Incompatibilidade de fertilizantes. IPT, São Paulo - SP, novembro 1991.

SILVEIRA, Ronaldo Ivan. Tecnologia de fabricação de adubos. ESALQ, Piracicaba - SP, outubro 2001.

16. ANÁLISE DO ESTÁGIO

A forma atual de estágio é importantíssima para a formação profissional, pois garante a aplicação prática dos conhecimentos acadêmicos. A ampliação do período de estágio foi fundamental para torná-lo mais proveitoso tanto para aluno, quanto para as empresas que conhecem melhor a capacidade profissional dos formandos desta instituição.

Todavia deve ser melhor planejado, menos burocratizado, facilitando para o aluno e empresa.

As empresas por sua vez devem avaliar melhor se estão dispostos realmente a receber estagiários para evitar a perda de tempo pelos alunos, o incomodo e desgaste da própria imagem do mesmo perante a empresa se não houver atividades compatíveis a formação e empenho do formando.

Ao aluno cabe avaliar o interesse pela área de atividades da empresa, caso não tenha, busque alternativas que garantam uma formação voltada a suas afinidades. Deve haver o empenho para provar acima de tudo a si sua capacidade e a importância de uma boa formação.

IMPORTANCIA

Para o agricultor a pesquisa serve para melhorar a eficiência de aplicação, logo a eficiência agrônômica do fertilizante, podendo diminuir custos e aumentar a produtividade. Para a industria de fertilizantes serve para mostrar a importância da separação de materiais com características físicas iguais sejam separados ou que se gere tecnologia para viabilizar tal prática e que se forneça para o produtor mais informações do produto como tamanho de partícula. E por fim para indústria de máquinas serve para demonstrar que não se pode tomar uma medida como padrão para todos fertilizantes, podendo-se montar tabelas que especifiquem segundo suas características qual a largura de trabalho ideal para cada fertilizante.