



**FABRICANDO
FERTILIZANTES COM**



POLY4

“O fertilizante ainda é um dos melhores investimentos que um agricultor pode fazer. Aplicações abaixo do ideal significam uma redução do lucro dos produtores e um empobrecimento do solo em termos de nutrientes. É mais fácil e menos oneroso manter a fertilidade do solo do que recuperá-la.”

Dr. Terry Roberts, Instituto Internacional de Nutrientes das Plantas

Ensaios independentes analisou o impacto do POLY4 nas características de fertilizantes NPK compactados ou granulados a vapor ou quimicamente. Este manual faz uma síntese dos resultados dos ensaios com base em dados reais e descreve as propriedades físicas e químicas de produtos de MOP e de NPK à base de ureia e NA.



CONTEÚDO

O que são fertilizantes?

Nutrientes fundamentais para as plantas

Formas de fertilizantes

Tipos de fertilizante

A qualidade das características dos fertilizantes

Compatibilidade em misturas

Fabricando NPKs com POLY4

Compactação de POLY4

Processo de compactação de mistura de NPK à base de ureia: resultados dos ensaios

Processo de compactação de mistura de NPK à base de NAM: resultados dos ensaios

Compactação de POLY4: propriedades físicas

Resistência à abrasão

Umidade relativa crítica

Ocorrência de poeira

Força de esmagamento

Granulação a vapor de POLY4

Compostos de NPK granulados a vapor à base de Ureia: resultados dos ensaios

Compostos de NPK granulados a vapor à base de NAM: resultados dos ensaios

NPKs de POLY4 granulados a vapor: propriedades físicas

Resistência à abrasão

Pulverulência

Resistência ao impacto

Força de esmagamento

2	Tendência ao emperramento	34
3	Fósforo em NPKs de POLY4 granulados a vapor	35
4	Granulação química de POLY4	36
5	Compostos de NPK granulados quimicamente à base de ureia: resultados de ensaios	38
6	Compostos de NPK granulados quimicamente à base de NA: resultados de ensaios	40
8	NPKs de POLY4 granulados quimicamente: propriedades físicas	42
10	Resistência à abrasão	44
11	Ocorrência de poeira	45
12	Resistência ao impacto	46
14	Força de esmagamento	47
16	Absorção de umidade	48
18	Penetração de umidade	49
19	Tendência ao empedramento	50
20	Fósforo em NPKs de POLY4 granulados quimicamente	51
21	Distribuição	52
22	Distribuição – grânulos diretos de POLY4	53
24	Distribuição – distribuição de tamanho de partículas	54
26	Distribuição – misturas	55
28	Umidade relativa crítica (URC)	56
30	URC – misturas de NPK a base de ureia	58
31	URC – misturas de NPK a base de nitrato de amônia (NA)	59
32	Notas e referências	60
33		



O QUE SÃO FERTILIZANTES?

Fertilizantes são substâncias naturais ou artificiais que fornecem nutrientes para alimentar as plantas e às ajuda á crescer.

A segurança alimentar mundial continua a ser uma das maiores preocupações da atualidade. Na primeira metade deste século, estima-se que a população mundial atingirá cerca de 9,8 bilhões de pessoas.¹ Acompanhando esse crescimento, a demanda de alimentos do planeta dobrará. Segundo as estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, o crescimento anual da demanda de fertilizantes de potassa será de 56% na Ásia, 27% nas Américas, 1% na Europa, 6% na África e 0,4% na Oceania.²

Os fertilizantes são insumos fundamentais nas práticas agrícolas atuais. Sabe-se que 50% da falta de produtividade de culturas pode ser resolvida através de adubações. Os fertilizantes são responsáveis por mais da metade da produção de alimentos no mundo e, devido ao aumento da demanda de alimentos, é preciso buscar novas fontes de nutrientes. As recomendações agrônômicas estão mudando e procura-se cada vez mais aplicar uma gama variada de nutrientes para atingir um nível máximo de produtividade e uma melhor qualidade de culturas. O resultado é que os compostos básicos de NPK estão sendo substituídos por NPK+S, NPKS+Mg ou +micronutrientes e o valor de fontes de nutrientes múltiplos como o POLY4 passou a ser reconhecido.

Nutrientes fundamentais para as plantas

As práticas de adubação dependem muito do local de cultivo, mas sua primeira função é repor os nutrientes perdidos na safra anterior. As culturas extraem os nutrientes do solo para fazer com que sua biomassa cresça. Enquanto o solo fornece nutrientes, as plantas se desenvolvem.

Para crescer, as plantas precisam de 16 elementos fundamentais reconhecidos pelo setor agrícola.

Os fertilizantes fornecem nutrientes para auxiliar as plantas em seu processo de desenvolvimento. Qualquer substância que contenha um ou mais nutrientes primários, secundários ou micro, sob uma forma que as plantas sejam capazes de absorver, terá a função de um fertilizante.

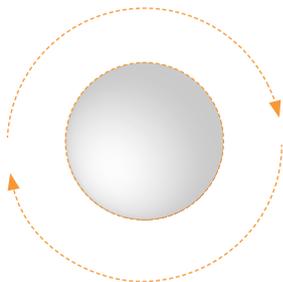
Principais elementos	Do ar e da água	Carbono (C) Hidrogênio (H) Oxigênio (O)
	Do solo: nutrientes primários	Nitrogênio (N) Fósforo (P) Potássio (K)
	Do solo: nutrientes secundários	Cálcio (Ca) Magnésio (Mg) Enxofre (S)
Elementos minoritários:	Do solo: Micronutrientes	Boro (B) Cloro (Cl) Cobre (Cu) Ferro (Fe) Manganês (Mn) Molibdênio (Mo) Zinco (Zn)

Formas de fertilizantes

Diferentes modos de fabricação de fertilizantes sólidos produzem diferentes formas de produto final.

Os prills são partículas esféricas e lisas formadas através da aplicação de elementos químicos liqüefeitos em uma torre com uma corrente crescente de ar frio. Os prills se solidificam ao cair da torre e são selecionados em função de um tamanho específico antes de serem embalados. Os prills de qualidade superior possuem consistência dura e sólida e uma baixa tendência ao emperamento. O tamanho normal varia entre 1mm e 3mm. 75 por cento das unidades fabricadas têm entre 2,4mm e 2,8mm.

A função dos grânulos é facilitar o manuseio e a aplicação dos fertilizantes. Os grânulos possuem textura áspera e são fabricados através de um método de secagem em uma máquina rotatória para gerar partículas esféricas. Produtos de qualidade superior possuem aspecto duro, densidade considerável, baixa tendência ao empedramento e índice de abrasão reduzido. Noventa por cento dos grânulos de POLY4 possuem ua qualidade superior e possuem o tamanho de fabricação entre 2mm e 4mm.



“90% dos grânulos de **POLY4 granules** possuem alta qualidade e tamanho ntre **2mm e 4mm.**”

Um fertilizante compactado é mais angular que os grânulos e é fabricado pressionando o produto entre cilindros para formar uma massa sólida. Em seguida, o material compactado é partido e graduado para atingir um tamanho homogêneo, entre 2mm e 4mm. Os produtos compactados são chamados de grânulo ou lascas.

Tipos de fertilizante

Os agricultores podem decidir aplicar um único nutriente (adubação a lanço) ou um produto composto contendo ao menos dois dos nutrientes primários sendo chamados de fertilizantes complexos, compostos, mistos, combinações ou fertilizantes de NPK.

Na indústria de fertilizantes, a maior parte dos produtos são distribuídas sob a forma de fertilizantes misturas granuladas, contendo ao menos dois (na maioria dos casos, três), dos nutrientes primários (N, P, K). Fertilizantes mistos podem ser:

- Compostos de fertilizantes – obtidos através de processamento químico e formação de grânulos de uma composição similar;

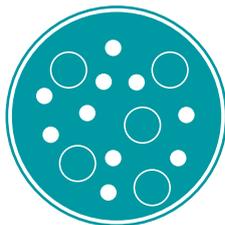
- Misturas de fertilizantes – obtidas através de misturas de fertilizantes granulados ou compactados que possuem composição mista ou simples.

Sabe-se hoje em dia que, para cultivar plantas saudáveis, com acesso aos nutrientes certos na hora certa, e obter uma produtividade mais elevada, é fundamental disponibilizar uma grande variedade de nutrientes. Assim, fertilizantes básicos de NPK têm sido substituídos por NPK +S, NPKS +Mg ou +micronutrientes. POLY4 oferece uma gama extensa de nutrientes em um só produto.

A qualidade das características dos fertilizantes

Os fertilizantes compostos, compactados, granulados a vapor ou quimicamente podem ser fabricados de muitas maneiras.

Pouco importa a forma escolhida, a qualidade do fertilizante é determinada pelas mesmas características:



O tamanho da partícula

do fertilizante corresponde a uma faixa de tamanho. As técnicas de granulação afetam o tamanho das partículas que, por sua vez, influenciarão no desempenho agrônomo, armazenamento, manuseio, distribuição e mistura.



Força de esmagamento

é a força mínima necessária para esmagar partículas individuais. Ela ajuda a prever as condições necessárias de manuseio e armazenamento, além das propriedades dos grânulos, e determinar os limites de pressão no armazenamento de pilhas de sacos.

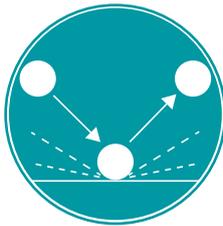


Resistência à abrasão

é a resistência à formação de pó e partículas finas devido ao manuseio. Ela ajuda a quantificar a perda de material durante o manuseio, armazenamento e aplicação, além de, em alguns casos, auxiliar no controle da poluição e riscos de toda ordem.

A qualidade das características dos fertilizantes...

continuação



Resistência ao impacto

é a resistência dos grânulos à quebra em caso de impacto em uma superfície dura. Essa é uma característica especialmente importante para os agricultores que utilizam distribuidores com ventilação ou que descarregam o material a partir de um ponto alto em pilhas, como por exemplo no caso de carregamento de navios.



Umidade relativa crítica (URC)

é o valor da umidade acima do qual um material absorve umidade. A URC determina o grau de proteção que um fertilizante precisa durante o armazenamento, manuseio e distribuição. Os ensaios ocorrem em uma câmara de umidade controlada em que a absorção de umidade reflete no peso do produto.



Higroscopicidade

é a tendência de um material a absorver água da atmosfera. Os fertilizantes com a mesma URC podem ter reações diferentes devido a capacidades distintas de retenção de umidade. Os fertilizantes podem ser comparados através da exposição a vários períodos de umidade. Análises são feitas com base na taxa de absorção de umidade por unidade de área exposta, profundidade da penetração de umidade, capacidade de manter a umidade e integridade dos grânulos úmidos. Essa característica é importante para o manuseio, armazenamento e vida útil do produto em diferentes climas.

COMPATIBILIDADE EM MISTURAS

A compatibilidade química em misturas é a capacidade de dois ou mais materiais de se manterem secos e fluidos quando misturados. A incompatibilidade causa umidade, empedramento, geração de gás e/ou desintegração de partículas. A compatibilidade não é apenas importante para a mistura de quantidades. Ela também é essencial para o sistema de granulação de NPK.

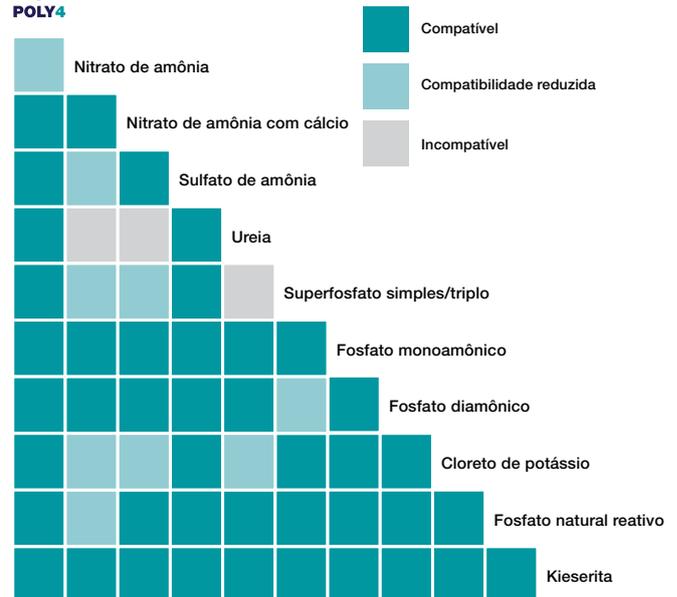
A mistura de fertilizantes só pode ser feita após uma análise das compatibilidades de todos os ingredientes. Os ensaios de compatibilidade química podem ser divididos em três categorias: misturas simples 50:50, compostos de NPK à base de ureia e compostos de NPK à base de nitrato de amônia (NAM). O Centro de Desenvolvimento Internacional de Fertilizantes (IFDC, a sigla em inglês), um especialista reconhecido do setor, levou a cabo ensaios avançados com o POLY4 para determinar sua compatibilidade em misturas utilizando uma ampla gama de fertilizantes comuns. O IFDC testou dois tipos de misturas de NPK: à base de ureia e à base de NA.

Os ensaios ocorreram em um longo período, adotando assim condições industriais.³ Com o intuito de determinar a compatibilidade, as misturas com POLY4 foram combinadas: uma amostra de 100 gramas foi inserida em uma garrafa de vidro de 200 ml.⁴ As garrafas foram seladas e inseridas em um forno de convecção sob uma temperatura de 30°C durante 30 dias. Uma célula de carga de 500 N e um transdutor de deslocamento mediram o período de tempo até atingir 90 psi, indicando o tempo necessário para aparição de empedramento. A pressão de expulsão da massa medi a propensão ao empedramento.

O nitrato de amônia é reconhecido pelo setor como uma alternativa incompatível com a ureia e de compatibilidade baixa com sulfato de amônia, superfosfato triplo, superfosfato simples, cloreto de potássio e Rocha Fosfatica. O nitrato de amônia demonstrou possuir uma tendência similar com o POLY4.

No entanto, resultados mostraram que o POLY4 possui uma grande variedade de nutrientes e um bom nível de compatibilidade com outros adubos testados, incluindo ureia, fosfato diamônico, fosfato natural reativo e o cloreto de potássio. O triângulo de compatibilidade do POLY4 amplifica as diretrizes da Associação Europeia de Fabricantes de Fertilizantes no que se refere à compatibilidade de fertilizantes⁵, já que os ensaios com POLY4 comprovaram que este último é um insumo compatível com misturas em adubos de NPK.

Triângulo de compatibilidade do POLY4^{6,7}



FABRICANDO NPKS COM POLY4

A mistura de fertilizantes necessita uma consideração da compatibilidade de todos os ingredientes para evitar a tendência ao empedramento e garantir a segurança. O Centro de Desenvolvimento Internacional de Fertilizantes (IFDC, a sigla em inglês) é um especialista reconhecido do setor. Através da utilização de uma gama ampla de misturas similares de fertilizantes, o IFDC levou a cabo ensaios avançados com o POLY4 para determinar a sua compatibilidade com misturas.

Os produtos de POLY4-NPK possuem excelentes características, incluindo melhorias na força de esmagamento, redução presença de pó e resistência à abrasão. Além disso, a URC e as características de penetração de umidade desses produtos reduzem a tendência ao empedramento, aumentando, assim, sua vida útil. Todas essas qualidades comprovam que os NPKs fabricados com insumo de POLY4 são perfeitamente adequados à finalidade de uso.

Compactação de POLY4

Os fertilizantes compactados, fabricados através da compressão de produtos entre cilindros para formar uma massa sólida, representam uma maneira simples e econômica de produzir compostos. Alguns materiais possuem dificuldade de compressão em conjunto. Outros, por sua vez, são aglutinantes e agem de forma eficaz para facilitar o processo.

Durantes os ensaios, as várias matérias-primas necessárias para produzir cada grau de NPK foram misturadas eficazmente ainda sob a forma de pó. A mistura foi então inserida em uma máquina com o intuito de compactar o material através de compressão. O material compactado foi triturado antes de passar por uma triagem de tamanhos, separando-o em função da dimensão: menor, maior ou ideal com relação ao padrão esperado. Os o material de menor diâmetro foi inserido mais uma vez na máquina, com o objetivo de acrescentá-los novamente à mistura recém-preparada. O material cujo tamanho ultrapassava o padrão desejado foi triturado e reanalisado, completando o ciclo outra vez.

Para determinar as propriedades físicas dos compostos de NPK à base de NAM e ureia, incluindo análise de tamanho, força de esmagamento de grânulos, resistência à abrasão, pulverulência do produto, URC e penetração de absorção de umidade, o IFDC utilizou um processo de comparação através vários níveis de concentração de fertilizante NPK tanto com NAM como com ureia (NPKs urea-DAP-KCl-POLY4 à base de ureia e NAM-Fosfato Natural-KCl-POLY4 à base de NA).

Processo de compactação de mistura de NPK à base de ureia: resultados dos ensaios⁸

Concentração desejada	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na análise)				
4.00mm	0.1	0.4	1.1	1.2
3.35mm	2.6	5.9	16.0	22.9
2.80mm	19.3	30.3	42.2	55.5
2.36mm	42.9	61.3	68.6	85.8
2.00mm	61.9	82.7	84.6	98.3
1.70mm	72.3	91.6	91.5	99.4
Força de esmagamento do grânulo (fração -2,80mm +2,36mm)				
Média (kg/grânulo)	0.98	1.67	2.26	2.19
Faixa (kg/grânulo)	0.55-2.1	1.0-2.5	1.35-3.3	1.25-3.3
Resistência à abrasão (% de degradação)	10.45	3.86	2.54	1.44
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	0.6	1.66	1.19	0.83

Processo de compactação de mistura de NPK à base de ureia: resultados dos ensaios... continuação⁸

Grau visado	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Quantidade de pó no produto (mg kg ⁻¹ do produto)	17,296	6,507	6,828	3,125
Umidade relativa crítica (URC) (%)	55-60	55-60	55-60	55-60
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	486.1	505.9	478.7	492.6
Penetração de umidade (cm)	9.2	7.0	6.5	6.3
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	53.0	72.7	74.0	77.9
Capacidade de retenção de umidade (%)	6.8	9.4	8.4	8.6
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	pobre	justo	justo
Empedramento 1 mês	4.7	10.6	0.0	0.0
Empedramento 3 meses	36.1	28.9	1.4	0.6
Empedramento 6 meses	31.1	37.8	4.2	0.6



Processo de compactação de mistura de NPK à base de NAM: resultados dos ensaios⁸

Grau visado	13:13:13	12:12:12	10:10:10	7:7:7
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na análise)				
4.00mm	0.2	0.3	0.2	0.1
3.35mm	7.4	8.3	4.7	5.8
2.80mm	30.4	32.0	24.8	29.9
2.36mm	53.0	53.9	46.5	53.2
2.00mm	73.6	74.0	67.3	75.1
1.70mm	83.5	84.5	78.6	86.0
Força de esmagamento do grânulo (fração -2,80mm +2,36mm)				
Média (kg/grânulo)	0.95	0.94	0.78	1.02
Faixa (kg/grânulo)	0.45-1.75	0.40-1.8	0.35-1.3	0.40-1.7
Resistência à abrasão (% de degradação)	22.14	20.76	34.7	19.91
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	11.07	15.61	13.26	20.15

Processo de compactação de mistura de NPK à base de NA: resultados dos ensaios... continuação⁸

Grau visado	13:13:13	12:12:12	10:10:10	7:7:7
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Quantidade de pó no produto (mg kg ⁻¹ do produto)	18,661	17,627	21,253	14,149
Umidade relativa crítica (URC) (%)	60-65	60-65	60-65	60-65
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	385.4	374.8	411.4	405.1
Penetração de umidade (cm)	6.6	7.9	8.0	7.1
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	58.8	47.8	51.5	57.2
Capacidade de retenção de umidade (%)	6.4	4.8	5.1	5.0
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	pobre	pobre	pobre
Empedramento 1 mês	0.3	0.0	0.0	0.0
Empedramento 3 meses	0.0	0.0	0.0	0.0
Empedramento 6 meses	0.0	0.0	0.0	0.0

A close-up photograph of a person's hand holding a large quantity of small, multi-colored granules. The granules are primarily white, with some yellow and red ones interspersed. The background is a blurred pile of the same granules. A teal circular graphic with a thin white border is overlaid on the right side of the image, containing white text.

**COMPACTAÇÃO
DE POLY4:
PROPRIEDADES
FÍSICAS**

Ambos os produtos compactados, à base de ureia e NA, foram fabricados com as concentrações desejadas sem apresentar dificuldades.

No caso de NPKs à base de ureia, o acréscimo de 35% de POLY4 elevou o nível de força de esmagamento e resistência à abrasão e diminuiu a ocorrência de pó. A URC não foi afetada. A adição de 35% de POLY4 aumentou de maneira significativa a qualidade do fertilizante.

No que se refere a NPKs à base de NAM, como se esperava, a URC não sofreu nenhum efeito com a inclusão de POLY4. Igualmente, a resistência à abrasão não foi modificada e houve um impacto pequeno nas características de retenção e penetração de umidade. Assim como nas misturas com ureia, os resultados comprovaram uma redução na presença de pó no produto final.

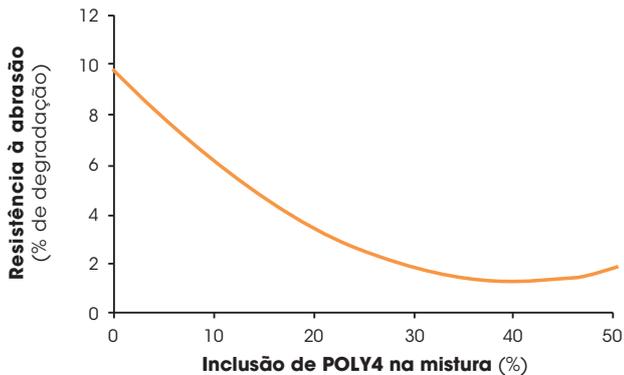


Resistência à abrasão

Os resultados dos ensaios efetivos com dados reais demonstraram que a adição de 35% de POLY4 aumentou a

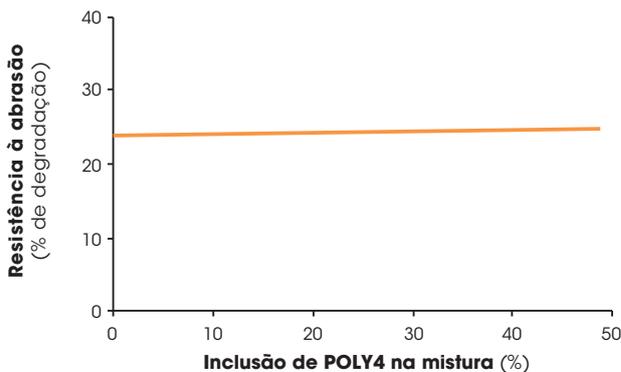
resistência à abrasão em NPKs à base de ureia. A resistência à abrasão em NPKs à base de NAM não sofreu modificação.

Mistura à base de ureia*



* Dados de regressão de Genstat

Mistura à base de NAM*

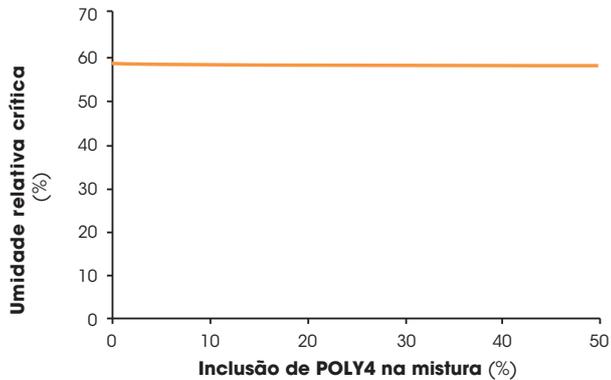


* Dados de regressão de Genstat

Umidade relativa crítica

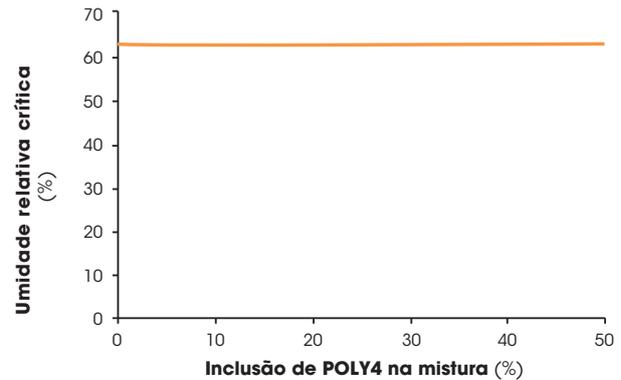
Em ambos os casos de NPKs à base de NA e ureia, como se esperava, a URC não sofreu nenhum efeito com a inclusão de POLY4.

Mistura à base de ureia*



* Dados de regressão de Genstat

Mistura à base de NA*

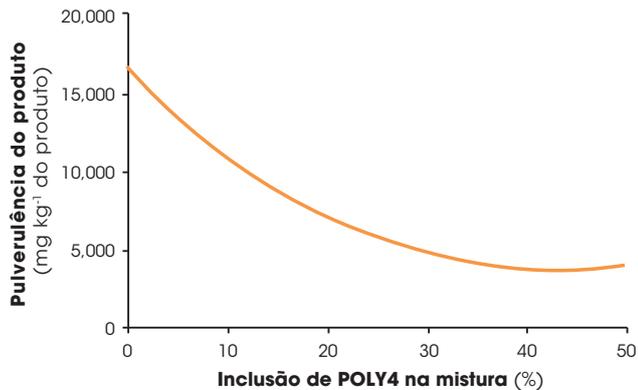


* Dados de regressão de Genstat

Ocorrência de poeira

Os resultados dos ensaios efetivos com dados reais demonstraram que a adição de 35% de POLY4 diminuiu a pulverulência em NPKs à base de ureia. Também foi verificada

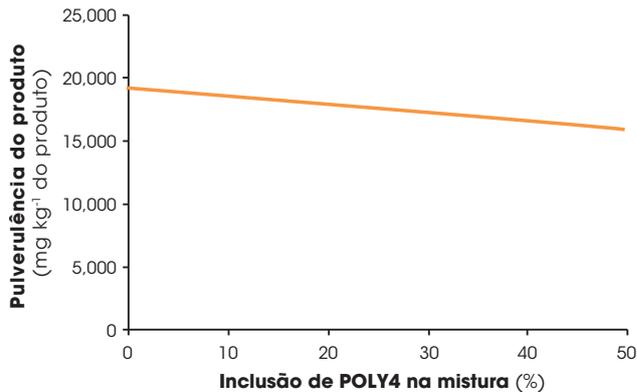
Mistura à base de ureia*



* Dados de regressão de Genstat

uma melhora em termos de redução de presença de pó em NPKs à base de NAM.

Mistura à base de NA*



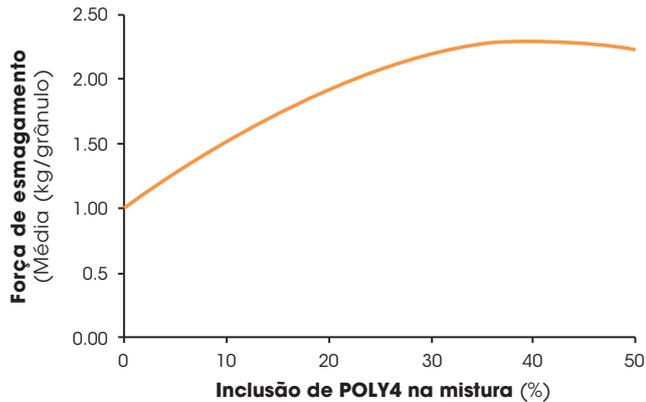
* Dados de regressão de Genstat

Força de esmagamento

Os resultados dos ensaios efetivos com dados reais demonstraram que a adição de 35% de POLY4 melhorou a força

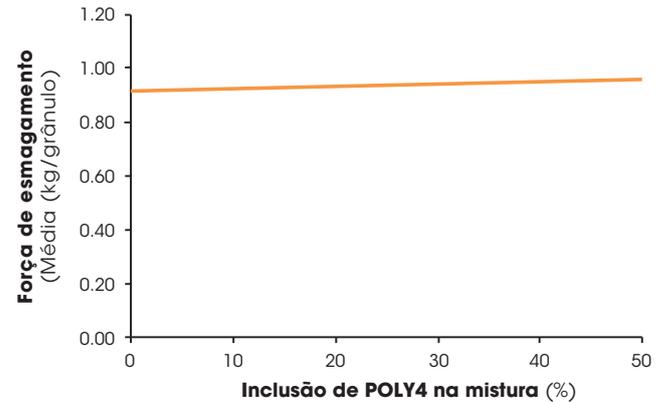
de esmagamento em NPKs à base de ureia. A resistência à abrasão em NPKs à base de NA não sofreu modificação.

Mistura à base de ureia*



* Dados de regressão de Genstat

Mistura à base de NA*



* Dados de regressão de Genstat

GRANULAÇÃO A VAPOR DE POLY4

Fertilizantes complexos são fabricados através da associação de dois ou mais nutrientes. Em um NPK complexo, todos os ingredientes são misturados antes de serem transformados em grânulos.

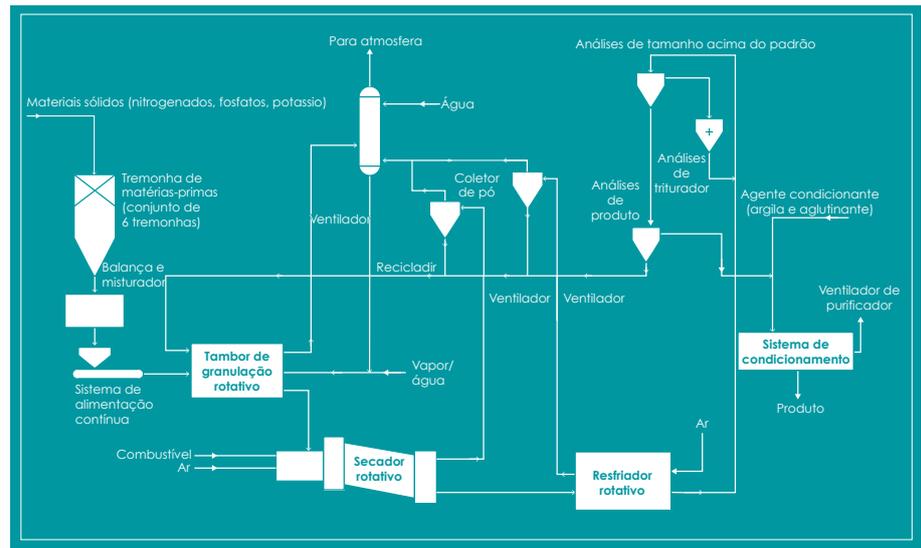
A granulação a vapor é um dos métodos utilizados na fabricação de fertilizantes compostos. Nesse processo, os grânulos são formados através de aglomeração. Antes de serem inseridas em uma máquina de granulação (tambor rotativo ou misturador), as matérias-primas são pesadas e misturadas. Em seguida, é adicionado vapor e/ou água ou líquido de depuração para fornecer líquido e plasticidade suficientes e iniciar o processo de aglomeração. Em alguns casos, o misturador é utilizado para misturar previamente os sólidos e líquidos, antes de proceder à aglomeração em uma unidade de tambor rotativo. Em outros tipos de processos, uma quantidade reduzida de amônia também pode ser adicionada durante a granulação para causar uma reação com fosfatos, promover a granulação e aprimorar a qualidade do fertilizante através de uma redução da acidez e aumento da URC. Os grânulos úmidos são secos, geralmente em um tambor de secagem, e analisados para isolar as frações de produto cujo tamanho não corresponde ao desejado. O produto final é selecionado e, por sua vez, os materiais cujo tamanho está acima ou abaixo do padrão são reciclados na máquina.

Para testar a compatibilidade do POLY4, o IFDC construiu uma planta piloto com o objetivo de reproduzir em escala reduzida uma fábrica industrial de granulação de NPK. O processo envolveu a utilização de tambores rotativos de granulação, secagem e refrigeração. Um material nitrogenado, nitrato de amônia ou ureia, foi introduzido no misturador. Em seguida, foram adicionados fosfato diamônico (DAP), cloreto de potássio e, por fim, POLY4. Todos os materiais foram inseridos em um granulador. Depois, os materiais granulares úmidos foram descarregados em um secador e, posteriormente, em um refrigerador. O produto seco foi transferido para o sistema de análise com o intuito de triar os diferentes tamanhos. Os grânulos de tamanho desejado passaram então por um resfriador e, enfim, o produto resfriado foi recolhido. O diagrama ilustra o fluxo padrão do processo de granulação a vapor.

Para determinar as propriedades físicas das misturas de NPK à base de NAM e ureia, incluindo análise de tamanho, força de esmagamento de grânulos, resistência à abrasão, formação de pó do produto, URC e penetração de absorção de umidade, o IFDC através do processo de granulação a vapor avaliou duas concentrações disitntas

de fertilizante NPK (NPKs urea-DAP-KCI-POLY4 à base de ureia e NA-rocha fosfática-KCI-POLY4 à base de NAM).

Fabrica padrão de granulação de NPK através de vapor e/ou água



Compostos de NPK granulados a vapor à base de Ureia: resultados dos ensaios^o

Grau visado	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na análise)				
4.00mm	0.1	0.0	0.0	0.0
3.35mm	13.6	2.0	2.3	15.2
2.80mm	55.7	24.7	21.3	60.1
2.36mm	87.5	77.8	71.9	90.1
2.00mm	98.2	97.7	97.7	98.5
1.70mm	98.9	98.9	99.5	99.0
Força de esmagamento do grânulo (Força de esmagamento do grânulo)				
Média (kg/granule)	1.34	1.62	2.03	2.44
Faixa (kg/granule)	0.95-1.9	1.05-2.6	1.55-2.85	1.75-3.35
Resistência à abrasão (% de degradação)	2.02	0.71	0.57	2.41
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	1.82	1.43	0.27	1.2

Compostos de NPK granulados a vapor à base de Ureia: resultados dos ensaios... continuação⁹

Concentração desejada	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
Conteúdo de insumo de POLY4 visado (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Pulverulência do produto (mg kg ⁻¹ do produto)	4,742	2,935	1,295	1,975
Umidade relativa crítica (URC) (%)	50-55	50-55	50-55	50-55
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	549.0	580.6	521.1	500.4
Penetração de umidade (cm)	19.5	11.8	12.2	11.8
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	28.2	50.5	42.6	43.6
Capacidade de retenção de umidade (%)	3.6	6.0	4.6	4.4
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	pobre	justo	justo
Empedramento 1 mês	2.0	0.6	4.2	0.1
Empedramento 3 meses	20.6	0.6	2.8	0.6
Empedramento 6 meses	7.2	1.7	4.2	4.4



Compostos de NPK granulados a vapor à base de NAM: resultados dos ensaios⁹

Concentração desejada	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na análise)				
4.00mm	0.2	0.6	1.6	0.1
3.35mm	4.5	8.9	18.7	11.2
2.80mm	22.4	37.5	52.3	49.0
2.36mm	65.4	75.4	85.8	85.7
2.00mm	94.9	95.7	98.2	99.1
1.70mm	98.9	98.0	99.4	99.8
Força de esmagamento do grânulo (fração -2,80mm +2,36mm)				
Média (kg/grânulo)	1.27	1.02	1.27	1.20
Faixa (kg/grânulo)	0.5-3.35	0.9-3.0	0.5-2.75	0.55-1.95
Resistência à abrasão (% de degradação)	9.35	4.94	1.41	0.34
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	10.05	3.53	1.16	0.68

Compostos de NPK granulados a vapor à base de NAM: resultados dos ensaios... continuação⁹

Grau visado	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Pulverulência do produto (mg kg⁻¹ do produto)	3,244	1,362	456	195
Umidade relativa crítica (URC) (%)	60-65	60-65	60-65	60-65
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	423.6	437.5	475.8	453.9
Penetração de umidade (cm)	7.2	7.0	5.7	4.7
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	58.7	62.7	83.4	96.4
Capacidade de retenção de umidade (%)	7.2	7.4	8.3	8.4
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	justo	justo	justo
Empedramento 1 mês	21.1	25.6	23.3	12.2
Empedramento 3 meses	36.1	36.7	33.3	7.8
Empedramento 6 meses	69.4	47.9	55.6	28.6



NPKS DE POLY4 GRANULADOS A VAPOR: PROPRIEDADES FÍSICAS

Através da utilização do método de granulação a vapor, os compostos de NPK à base de ureia que incluíam ureia, DAP, KCl e até 51% de POLY4 nos graus testados foram fabricados sem nenhuma dificuldade.

A adição de POLY4 resultou em uma melhora contínua da resistência à abrasão. A redução de pó nos produtos NPK a base de ureia- foi aprimorada com o acréscimo de até 35% de POLY4. A resistência ao impacto do produto final também foi otimizada.

O POLY4 teve um impacto positivo em termos de força de esmagamento de grânulos.

Depois de um mês, havia pouca diferença na tendência ao empedramento dos produtos. No entanto, após três meses, os resultados favoráveis do POLY4 foram comprovados. Quando se completaram os três meses, a menor adição de POLY4 levou a uma redução de perdas decorrentes de empedramento.

Com relação aos produtos de NPK à base de ureia, a porcentagem de empedramento depois de seis meses de armazenamento foi a seguinte:

- 7.2% de empedramento do produto que não continha POLY4;
- 1.7% de empedramento do produto que continha 13.8% de POLY4;
- 4.2% de empedramento do produto que continha 35.8% de POLY4;
- 4.4% de empedramento do produto que continha 50.9% de POLY4

Através da utilização do método de granulação a vapor, os compostos de NPK à base de NA que incluíam DAP, ureia, KCl e até 53% de POLY4 nos graus testados foram fabricados sem nenhuma dificuldade.

O acréscimo de até 35% de POLY4 nesses produtos de NPK à base de NAM melhoraram a resistência à abrasão e a pulverulência. Verificou-se uma tendência geral de aprimoramento da resistência ao impacto do produto final: a menor adição de POLY4 resultou em uma redução de 50% das perdas.

A substituição dos índices de inclusão de POLY4 não levou a um impacto na força de esmagamento dos grânulos e houve pouca alteração em termos de características de retenção e penetração de umidade.

A vida útil de um fertilizante em uma propriedade agrícola depende de sua tendência ao empedramento. Com relação aos quatro produtos de NPK à base de NAM, a porcentagem de empedramento depois de seis meses de armazenamento foi a seguinte:

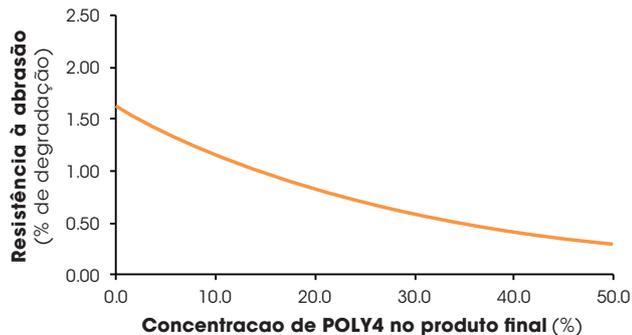
- 69.4% de empedramento do produto que não continha POLY4;
- 47.2% de empedramento do produto que continha 3,9% de POLY4;
- 55,6% de empedramento do produto que continha 25,9% de POLY4;
- 25,6% de empedramento do produto que continha 52,6% de POLY4.

Resistência à abrasão

Os resultados reais de ensaios utilizando os dados decorrentes demonstraram que um aumento dos índices de inclusão de POLY4 conduziram a um aumento contínuo da resistência à

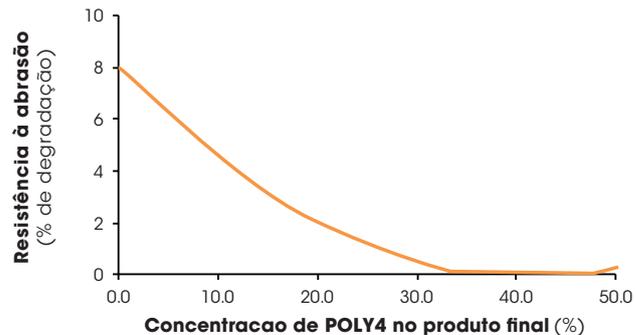
abrasão, tanto em NPKs à base de ureia, quanto naqueles à base de NA.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*

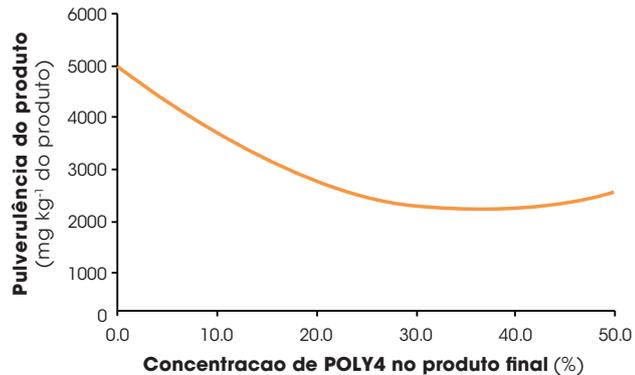


* Dados de regressão de Genstat

Pulverulência

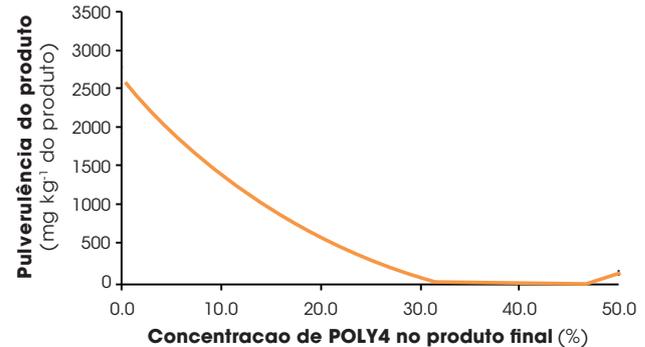
A pulverulência foi aprimorada com um acréscimo de até 35% de POLY tanto em NPKS à base de ureia, quanto naqueles à base de NA.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*

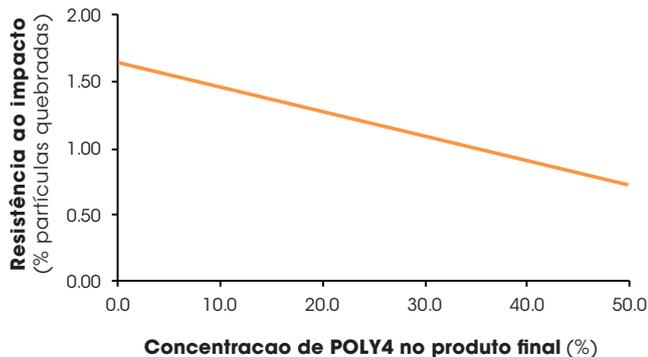


* Dados de regressão de Genstat

Resistência ao impacto

Os resultados reais de ensaios utilizando os dados decorrentes demonstraram uma melhora da resistência ao impacto do produto final.

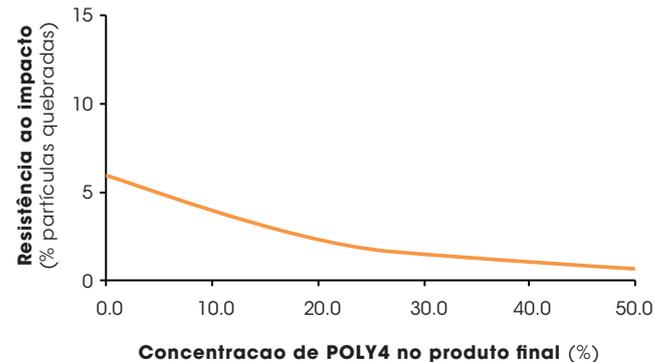
Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

O menor acréscimo de POLY4 resultou em uma redução de 50% das perdas em NPKs à base de NAM.

Compostos à base de NA granulados a vapor*



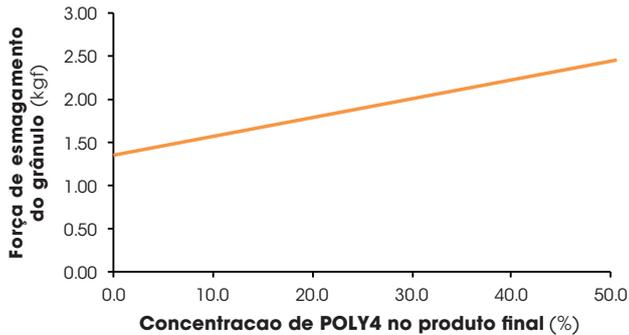
* Dados de regressão de Genstat

Força de esmagamento

O POLY também teve um impacto positivo na força de esmagamento de NPKs à base de ureia.

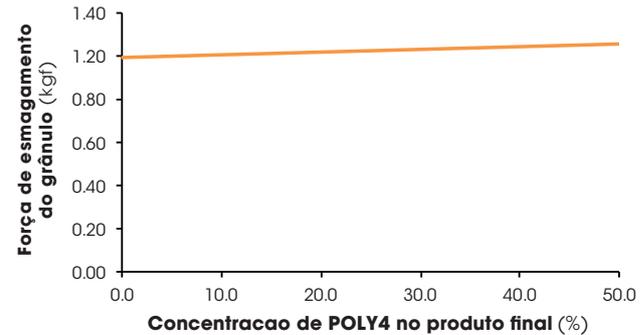
A substituição dos índices de inclusão de POLY4 não tiveram alteração na força de esmagamento dos grânulos de NPKs à base de NA.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

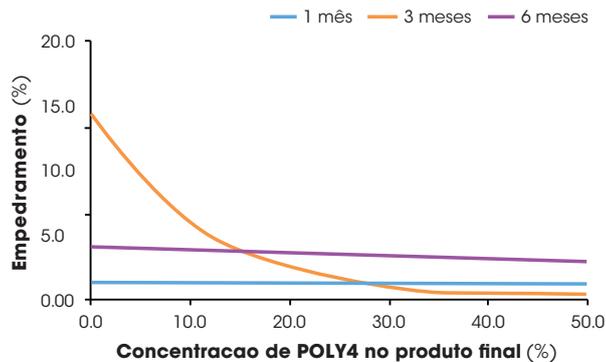


Tendência ao emperramento

Depois de um mês, houve pouca diferença na tendência ao emperramento dos produtos. No entanto, após três meses, os resultados favoráveis do POLY4 foram comprovados. Quando

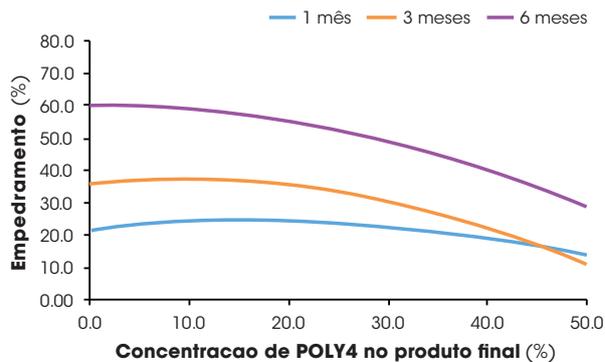
se completaram os três meses, a menor adição de POLY4 levou a uma redução significativa de perdas decorrentes de emperramento dos NPKs, tanto à base de ureia quanto de NAM.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Fósforo em NPKs de POLY4 granulados a vapor

O cálcio (Ca) e o fósforo (P), quando reagem, podem formar fosfato dicálcico, que possui solubilidade baixa.

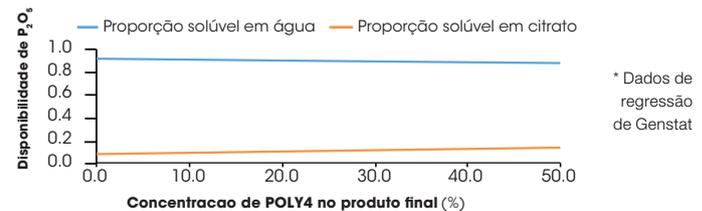
A seleção de uma Rocha Fosfática de qualidade mais elevada é importante para assegurar uma proporção ideal de cálcio e fósforo. Processos químicos e a vapor que utilizam rocha fosfática para fabricar compostos são obrigados a considerar o conteúdo de Ca.

O IFDC analisou o fosfato (P2O5) solúvel em água e citrato em produtos finais à base de ureia e NAM.¹⁰ A adição de POLY4 resultou em apenas uma pequena mudança de formas solúveis em água para formas solúveis em citrato de P2O5: 5% no composto de ureia e 11% no composto de NAM. Mesmo com o índice mais elevado de inclusão de matéria-prima de POLY4, 87% do P2O5 se manteve disponível sob a forma solúvel em água no NPK à base de ureia e 86% no NPK à base de NAM. Assim, concluiu-se que a utilização de POLY4 introduz com êxito o cálcio em NPKs sem inibir a disponibilidade de P.

As plantas têm acesso ao P através de sua forma solúvel em água. A fabricação de NPKs com produtos compostos de Ca pode limitar o fósforo solúvel em água. Os ensaios demonstraram que a inclusão de POLY4 na granulação teve um impacto mínimo na disponibilidade de P2O5: veja as linhas de tendência da solubilidade em água nos

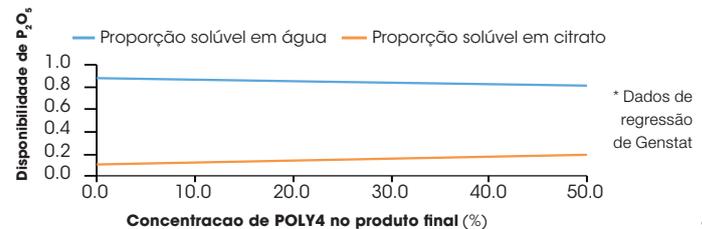
gráficos. A linha de tendência de citrato solúvel indica que o P não foi perdido durante o processo de fabricação.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

GRANULAÇÃO QUÍMICA DE POLY4

A granulação química é o método mais complexo de preparação de grânulos de NPKs. A granulação química possui aspectos similares à granulação a vapor, com exceção da maior parte da fase líquida, que é decorrente da reação de amônia com ácido fosfórico, sulfúrico e/ou nítrico. Também é possível utilizar uma solução concentrada de ureia ou nitrato de amônia. Alguns processos utilizam uma reação entre amônia e superfosfato simples ou triplo (SSP ou TSP).

Grande parte das reações entre a amônia e o ácido ocorre fora do granulador, em um pré-neutralizador ou reator de tubulação. Água, vapor ou líquido de depuração podem ser introduzidos no granulador para otimizar o processo de granulação. Na maior parte de plantas de NPK, uma quantidade significativa de matérias-primas sólidas também é utilizada. Assim, os grânulos são formados através de aglomeração. Os fatores que determinam a proporção de insumos sólidos e líquidos são:

- Concentração de NPK e solubilidade de nutrientes requeridos;
- Reação à temperatura e suas limitações;
- Concentração de NPK e solubilidade de nutrientes requeridos;
- Constituição física da indústria, como por exemplo aberturas e orifícios.

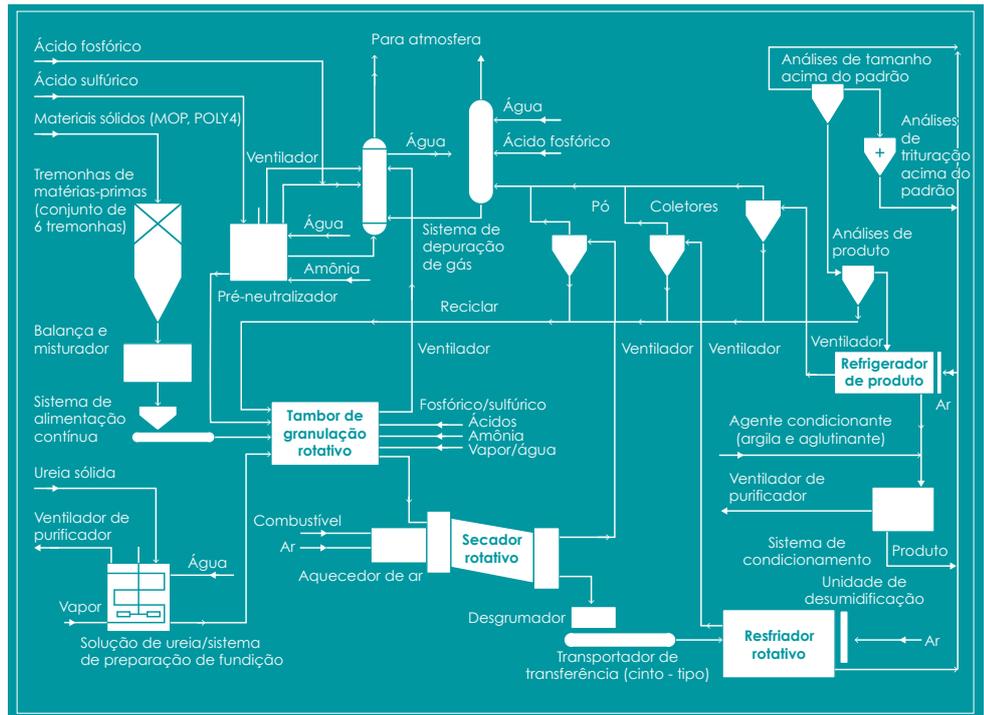
Em algumas granulações químicas, as matérias-primas como KCl são parcialmente dissolvidas em solução de nitrato de amônia e/ou fosfato de amônia e, em seguida, pulverizadas em um tambor rotativo aquecido. Em um processo como esse, os grânulos são formados através de acumulação gradual de camadas adicionais, tornando o grão maior.

Para testar a compatibilidade do POLY4, o IFDC construiu uma planta piloto de granulação com o objetivo de reproduzir um processo industrial em escala reduzida. Ácido fosfórico e amônia em graus comercializados foram inseridos em um pré-neutralizador para produzir uma solução pastosa de fosfato de amônia. A proporção de fosfato de amônia ($\text{NH}_4\text{:H}_3\text{PO}_4$) era de 1,5 para 1. O solução foi bombeada para um tambor de granulação, onde uma quantidade suplementar de amônia foi introduzida abaixo dos rolos de material fertilizante para aumentar a proporção de $\text{NH}_4\text{:H}_3\text{PO}_4$ para $>1,8$. Além do chorume e da amônia, foram inseridos no granulador ureia ou NAM, MOP e POLY, água e materiais reciclados. O material então é introduzido em um secador rotativo e resfriado em um resfriador rotativo antes de passar para a fase de classificação.

Para determinar as propriedades físicas dos compostos de NPK à base de NAM e ureia, incluindo análise de tamanho, força de esmagamento de grânulos, resistência à abrasão, índice de pó, URC e penetração de absorção de umidade do produto, o IFDC utilizou o processo

de granulação química através de duas concentrações de fertilizante NPK (NPKs urea-DAP-KCl-POLY4 à base de ureia e NAM-Rocha Fosfatica-KCl-POLY4 à base de NA).

Planta típica de granulação química de fertilizante NPK





Compostos de NPK granulados quimicamente à base de ureia: resultados de ensaios¹¹

Grau visado	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na peneira)				
4.00mm	0.0	0.0	0.0	0.0
3.35mm	5.7	1.5	0.3	0.7
2.80mm	30.7	8.4	2.8	3.3
2.36mm	69.2	34.7	34.1	18.0
2.00mm	96.9	91.8	92.6	80.9
1.70mm	99.6	99.3	99.4	97.4
Força de esmagamento do grânulo (fração -2,80mm +2,36mm)				
Média (kg/grânulo)	1.62	1.19	1.77	1.96
Faixa (kg/grânulo)	0.95-2.45	0.85-1.6	1.1-2.85	1.2-3.65
Resistência à abrasão (% de degradação)	3.16	3.50	1.24	2.01
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	1.99	1.29	2.73	1.61

Compostos de NPK granulados quimicamente à base de ureia: resultados de ensaios... continuação¹¹

Grau visado	27:14:14	24:12:12	20:10:10	16:8:8
TC Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	13.8	35.8	50.9
Propriedades físicas				
Pulverulência do produto (mg kg ⁻¹ do produto)	1,370	1,611	865	1,201
Umidade relativa crítica (URC) (%)	55-60	55-60	60-65	60-65
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	629.3	527.5	476.4	424.2
Penetração de umidade (cm)	10.8	9.1	6.8	5.1
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	58.4	59.1	70.1	87.6
Capacidade de retenção de umidade (%)	7.1	7.0	7.0	8.6
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	pobre	justo	justo
Empedramento 1 mês	0.3	0	0	0
Empedramento 3 meses	0	0	0	0



Compostos de NPK granulados quimicamente à base de NA: resultados de ensaios¹¹

Concentração desejada	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Análise de tamanho (porcentagem cumulativa retida na análise)				
4.00mm	0.1	0.3	0.2	0.1
3.35mm	12.8	11.8	15.2	8.6
2.80mm	50.6	48.3	57.7	43.4
2.36mm	80.6	80.8	88.5	82.1
2.00mm	97.3	94.9	98.9	98.7
1.70mm	99.4	96.8	99.7	99.8
Força de esmagamento do grânulo (fração -2,80mm +2,36mm)				
Média (kg/grânulo)	3.55	1.77	2.26	3.02
Faixa (kg/grânulo)	1.9-6.55	1-2.55	1.05-3.75	1.55-6.3
Resistência à abrasão (% de degradação)	2.42	5.96	1.15	0.38
Resistência ao impacto (% de grânulos quebrados)	1.73	3.26	4.57	1.15

Compostos de NPK granulados quimicamente à base de NA: resultados de ensaios... continuação¹¹

Concentração desejada	18:18:18	17:17:17	14:14:14	10:10:10
Concentração de POLY4 no produto final (%)	0.0	3.9	25.9	52.6
Propriedades físicas				
Pulverulência do produto (mg kg ⁻¹ do produto)	1,982	6,318	1,747	354
Umidade relativa crítica (URC) (%)	60-65	65-70	65-70	65-70
Absorção de umidade e penetração de umidade (72 horas @30C, 80%RH)				
Absorção de umidade (mg/cm ²)	383.1	328.8	348.8	360.9
Penetração de umidade (cm)	5.6	4.8	5.3	5.4
Capacidade de absorção de umidade (mg/cm ³)	67.7	68.1	66.6	67.6
Capacidade de retenção de umidade (%)	7.6	8.3	6.5	5.9
Integridade do grânulo (molhado)	pobre	pobre	justo	justo
Empedramento 1 mês	0	0	0.3	0
Empedramento 3 meses	0	0	0	0
Empedramento 6 meses	26.1	28.3	17.8	5.6



NPKS DE POLY4 GRANULADOS QUIMICAMENTE: PROPRIEDADES FÍSICAS

Através da utilização do método de granulação química, os compostos de NPK à base de ureia foram fabricados sem dificuldade com ureia, ácido fosfórico em concentrações comerciais, amônia e KCL, com até 51% de adição de POLY4.

Houve uma melhora pequena, mas positiva, da resistência à abrasão com o acréscimo de volumes mais elevados de POLY4. Também verificou-se um aprimoramento da força de esmagamento e redução de pó dos grânulos com índices de adição mais altos de POLY4. A resistência ao impacto, por sua vez, não sofreu alteração com o incremento de POLY4. Porém, as características de absorção e penetração de umidade foram aprimoradas com o POLY4 – quanto maior a dose de POLY4, menor a quantidade de umidade absorvida por unidade de área.

Através da utilização do método de granulação química, os compostos de NPK à base de NAM foram fabricados sem dificuldade com NA, ácido fosfórico em concentrações comerciais, amônia e MOP, com até 53% de adição de POLY4.

A adição de POLY4 não afetou a força de esmagamento e a resistência ao impacto dos grânulos. Entretanto, uma pequena tendência positiva foi notada. O acréscimo de POLY4 melhorou a resistência à abrasão. Com um aumento dos índices de adição de POLY4, verificou-se uma redução significativa da pulverulência nos NPKs à base de NAM granulados quimicamente. As características relativas a absorção e penetração de umidade com a porcentagem de POLY4 não sofreram alteração.

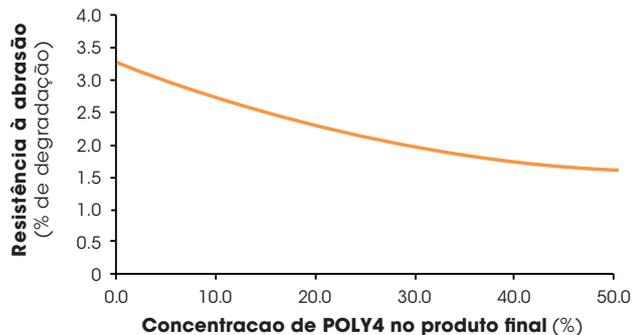
Verificou-se empedramento em ambos os produtos de NPK, à base de ureia e NA, depois de um período de armazenamento de seis meses. Os ensaios demonstraram que a adição de volumes mais elevados de POLY4 levou a uma diminuição da presença de pó.



Resistência à abrasão

Os resultados reais de ensaios utilizando os dados decorrentes demonstraram que um aumento dos índices de inclusão de POLY4 conduziram a um aumento significativo da resistência à

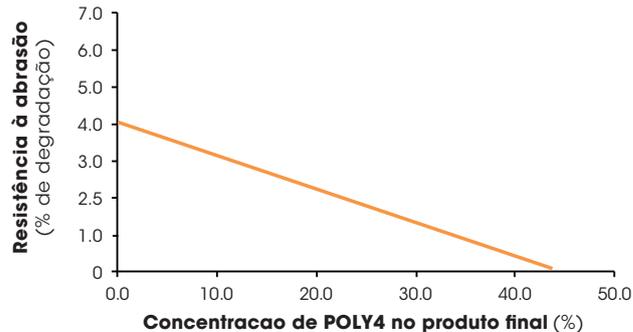
Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

abrasão, tanto em NPKs à base de ureia, quanto naqueles à base de NA.

Compostos à base de NA granulados quimicamente*



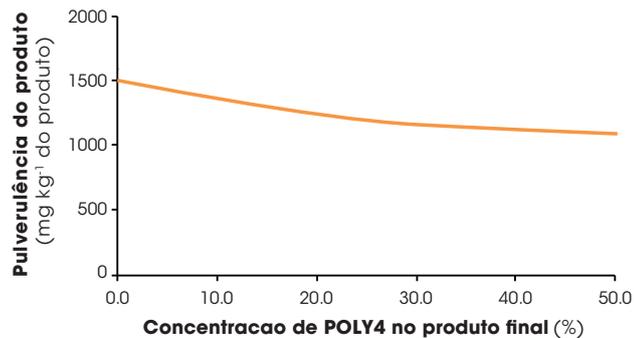
* Dados de regressão de Genstat

Ocorrência de poeira

O acréscimo de índices mais elevados de POLY4 resultou em uma redução significativa da pulverulência em NPKs à base de ureia e

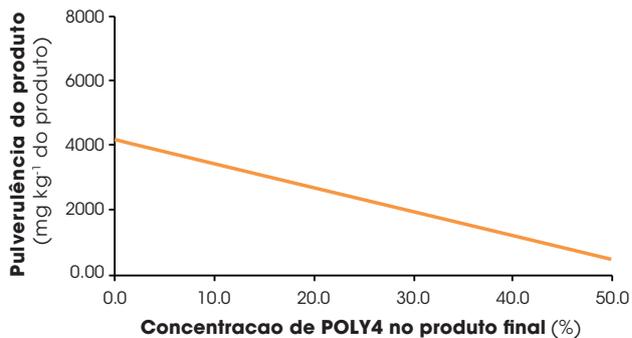
NAM granulados quimicamente.

Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados quimicamente*



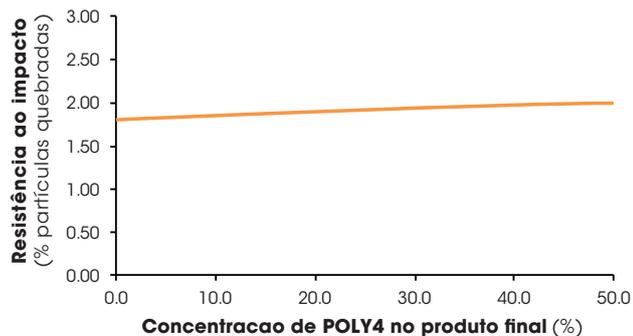
* Dados de regressão de Genstat



Resistência ao impacto

Os resultados reais de ensaios utilizando os dados decorrentes demonstraram que a resistência ao impacto, por sua vez, não sofreu alteração com o incremento de POLY4 tanto em NPKs

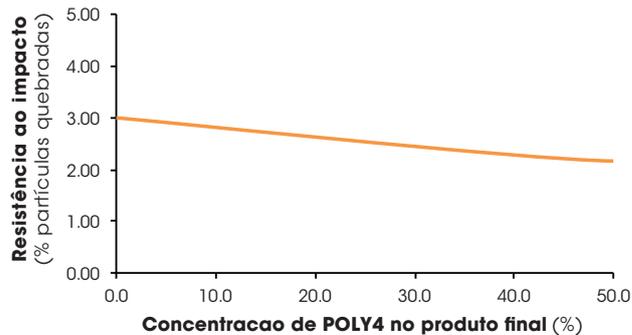
Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

à base de ureia, quanto em NPKs à base de NAM. Entretanto, notou-se uma pequena tendência positiva em NPKs à base de NAM.

Compostos à base de NAM granulados quimicamente*

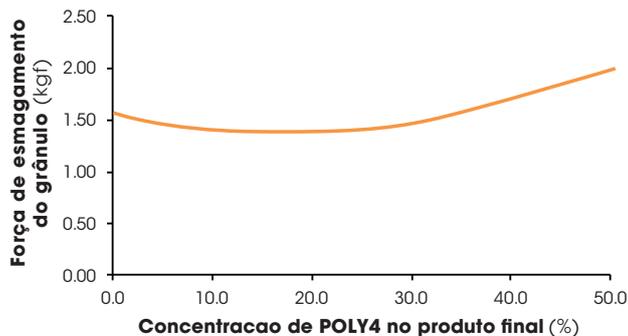


* Dados de regressão de Genstat

Força de esmagamento

Os resultados reais de ensaios utilizando os dados decorrentes demonstraram que houve um aprimoramento da força de esmagamento dos grânulos em NPKs à base de ureia com a adição de maiores quantidades de POLY4.

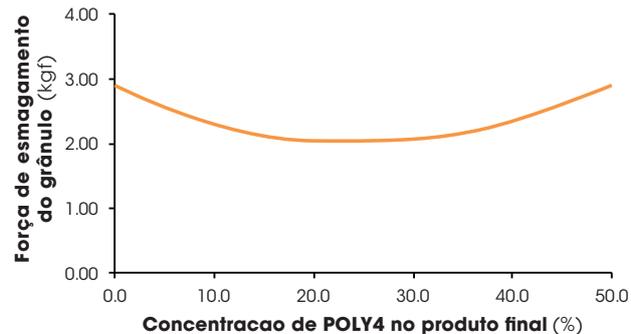
Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

A adição de POLY4 não afetou a força de esmagamento dos grânulos de NPKs à base de NAM. Entretanto, uma pequena tendência positiva foi notada.

Compostos à base de NA granulados quimicamente*

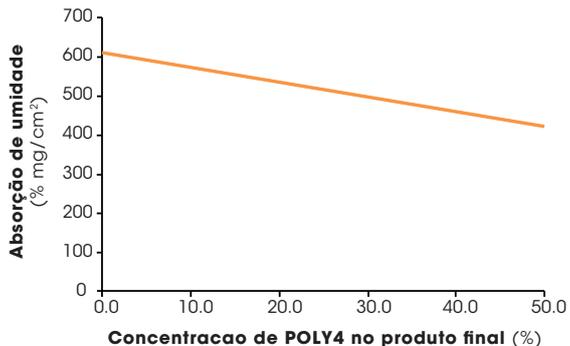


* Dados de regressão de Genstat

Absorção de umidade

A característica de absorção de umidade foi aprimorada com o acréscimo de POLY4 em NPKs à base de ureia – quanto maior a dose de POLY4, menor a quantidade de umidade absorvida por

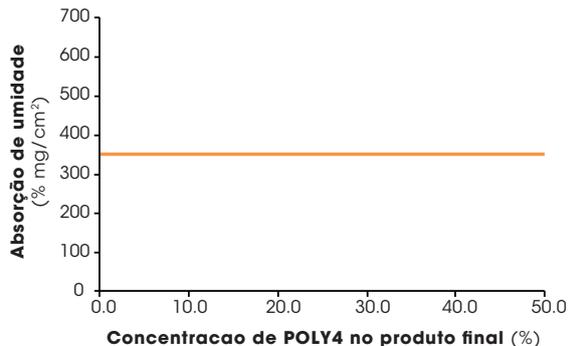
Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

área de unidade. A absorção de umidade de NPKs à base de NAM com a porcentagem de POLY4 não sofreu alteração.

Compostos à base de NA granulados quimicamente*



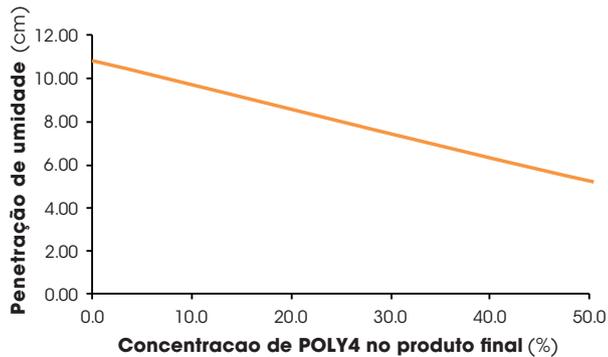
* Dados de regressão de Genstat



Penetração de umidade

A penetração de umidade foi aprimorada com o acréscimo de POLY4 – quanto maior a dose de POLY4, menor a quantidade de umidade absorvida por área de unidade.

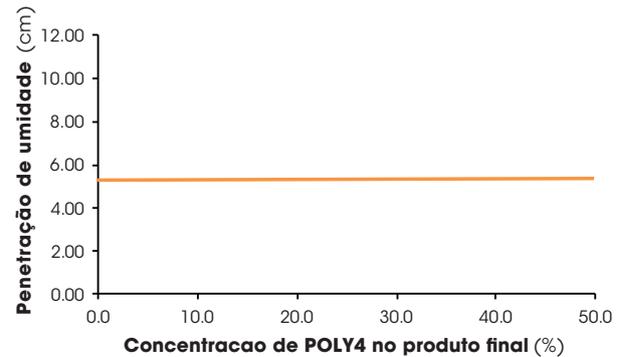
Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



* Dados de regressão de Genstat

A penetração de umidade de NPKs à base de NAM com a porcentagem de POLY4 não sofreu alteração.

Compostos à base de NA granulados quimicamente*



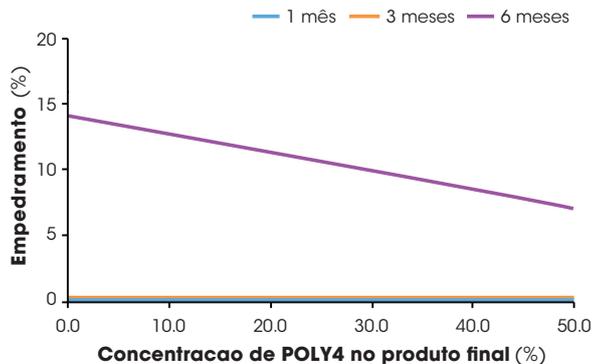
* Dados de regressão de Genstat

Tendência ao empedramento

Verificou-se empedramento em ambos os produtos de NPK, à base de ureia e NAM, depois de um período de armazenamento de seis meses. Os ensaios demonstraram que a adição de

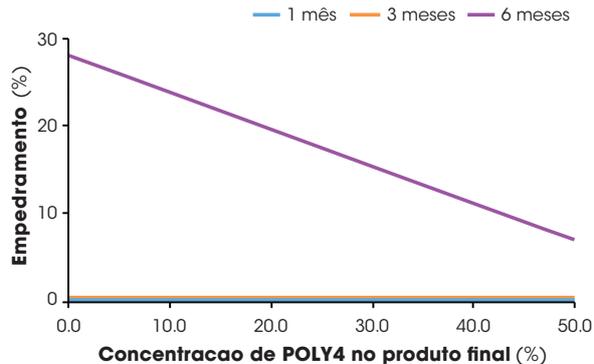
volumes mais elevados de POLY4 levou a uma diminuição da tendência ao empedramento.

Compostos à base de ureia granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Compostos à base de NA granulados a vapor*



* Dados de regressão de Genstat

Fósforo em NPKs de POLY4 granulados quimicamente

O cálcio (Ca) e o fósforo (P), quando reagem, podem formar fosfato dicálcico, que possui solubilidade baixa. O POLY4 contém Ca. No entanto, os ensaios demonstraram que a disponibilidade de P não foi prejudicada.

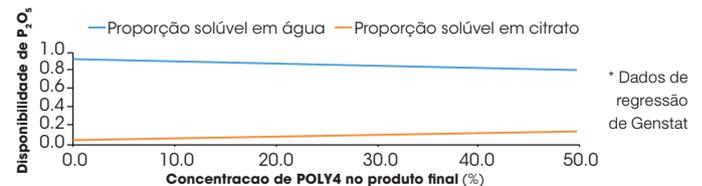
A seleção de uma rocha fosfática de qualidade mais elevada é importante para assegurar uma proporção ideal de cálcio e fósforo. Processos químicos e a vapor que utilizam rochas fosfáticas para fabricar compostos são obrigados a considerar o conteúdo de Ca.

O IFDC analisou o fosfato (P_2O_5) solúvel em água e citrato em produtos finais à base de ureia e NA.¹² A adição de POLY4 resultou em apenas uma pequena mudança de formas solúveis em água para formas solúveis em citrato de P_2O_5 : 5% no composto de ureia e 9% no composto de NAM. Mesmo com o índice mais elevado de inclusão de matéria-prima de POLY4, 89% do P_2O_5 se manteve disponível sob a forma solúvel em água no NPK à base de ureia e 83% no NPK à base de NA. Assim, concluiu-se que a utilização de POLY4 introduz com êxito o cálcio em NPKs sem inibir a disponibilidade de P.

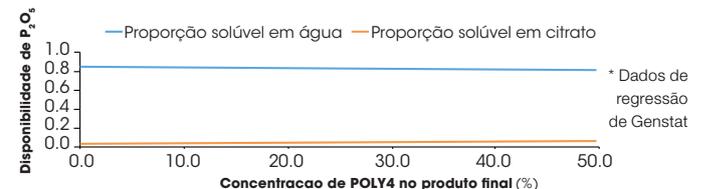
As plantas têm acesso ao P através de sua forma solúvel em água. A fabricação de NPKs com produtos compostos de Ca

pode limitar o fósforo solúvel em água. Os ensaios demonstraram que a inclusão de POLY4 na granulação teve um impacto mínimo na disponibilidade de P_2O_5 ; veja no gráfico as linhas de tendência de solubilidade na água. A linha de tendência de citrato solúvel indica que o P não foi perdido durante o processo de fabricação.

Compostos à base de ureia granulados quimicamente*



Compostos à base de NA granulados quimicamente*



DISTRIBUIÇÃO



Na maior parte dos casos, os fertilizantes sólidos são aplicados através de distribuição mecânica. Uma adubadora mal instalada pode resultar em custos elevados para o agricultor. Deve-se calibrar as máquinas ao menos uma vez por ano. A velocidade de disco, o ângulo de inclinação da máquina, a largura e desgaste do bico podem ter impactos consideráveis na homogeneidade de distribuição, conhecida como padrão de distribuição.

Os índices de aplicação de fertilizantes são válidos se os agricultores puderem manter o nível de precisão exigido. Um coeficiente de variação (CV) de mais de 20% resulta em faixas na cultura. Um CV baixo é sinônimo de distribuição homogênea do fertilizante. A distribuição heterogênea aumenta o custo de produção da cultura devido a queda de produtividade e ações corretivas necessárias.

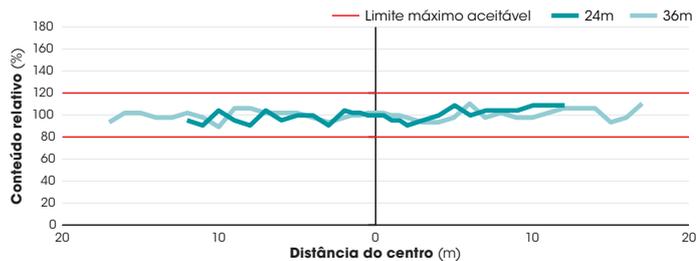
A qualidade do fertilizante também tem grande impacto na distribuição. As principais propriedades causadoras de segregação são tamanho, densidade e formato de partículas.¹³ Ângulo de repouso, resistência da partícula e coeficiente de fricção também foram vinculados à segregação.¹⁴ Produtos de baixa qualidade possuem tamanhos de partículas heterogêneas, o que afeta a distribuição do fertilizante. Uma distribuição ruim pode levar a uma queda do conteúdo declarado de nutrientes do fertilizante. Uma distribuição irregular no campo também pode causar crescimento irregular da cultura.

Distribuição - grânulos diretos de POLY4

As padrões de distribuição e propriedades físicas dos grânulos de POLY4, puros e em misturas físicas, foram examinadas. Os grânulos de POLY4 foram testados com adubadoras mecânicas, com largura de aplicação de 24 e 36 metros, distâncias típicas faixas de aplicação de fertilizantes.

Os gráficos de teste de distribuição de grânulos de POLY4 puros indicaram um CV abaixo do limite de tolerância de 20%. O padrão de distribuição de qualidade do POLY4 reduz o risco de ações corretivas onerosas.

Ensaio direto de grânulos de POLY4¹⁵



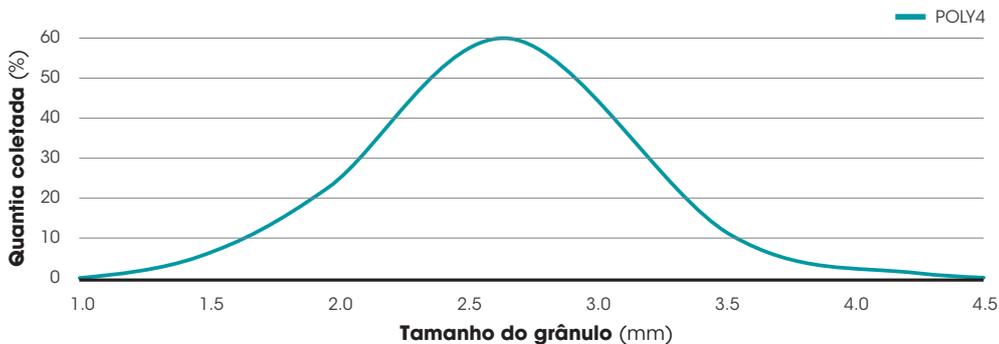


Distribuição - distribuição de tamanho de partículas

A distribuição de tamanho de partículas dos grânulos de POLY4 foi testada. Um tamanho homogêneo de partículas é importante para garantir uma distribuição mais eficaz. O gráfico de distribuição de tamanho de partículas abaixo ilustra os resultados

do teste. Os grânulos de POLY4 possuem entre 2mm e 4mm de diâmetro. 92 por cento dos grânulos de POLY4 se encaixaram nesse padrão de tamanho.

Distribuição de tamanho de partículas^{16,17}



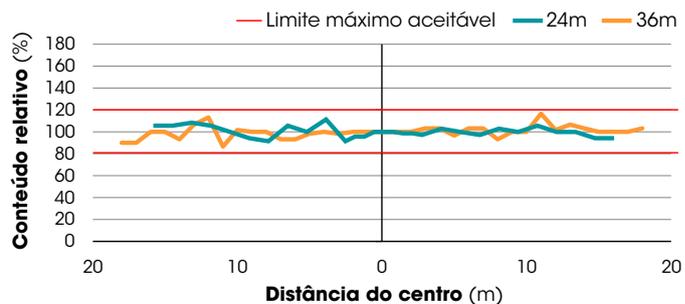
Distribuição - misturas

Também foram testados padrões de distribuição em misturas de POLY4 20:10:10 com largura de aplicação de 24 e 36 metros.

Ensaio de misturas de POLY4 20:10:10¹⁸

Mistura	Grânulos	Adubadora largura do bico	CV
20:10:10	2mm-4mm	24m	5.03%
20:10:10	2mm-4mm	36m	5.52%
20:10:10	2mm-4mm	24m	7.82%
20:10:10	2mm-4mm	36m	6.4%

Padrão de distribuição de 24m e 36m¹⁸





UMIDADE RELATIVA CRÍTICA (URC)

A (URC) de um fertilizante corresponde ao nível da umidade relativa acima do qual um fertilizante absorverá a umidade e abaixo do qual ele não absorverá a umidade da atmosfera.

A mistura de dois ou mais fertilizantes diminui significativamente a URC da mistura em comparação com a URC de componentes individuais. Essa redução resulta em empedramento antecipado. Assim, os fertilizantes mistos devem ser armazenados de maneira distinta.



O cálculo de URC foi feito a partir de misturas de NPK de proporção 50:50. Produtos granulares e em pó foram analisados durante o teste.¹⁹ Diferenças mínimas foram notadas entre as ambas as misturas com proporção de 50:50. A utilização de condicionadores ou agentes de revestimento aumentou a URC em 5%. A menor porcentagem de URC foi verificada no nitrato de amônia, o que é coerente com os resultados dos ensaios de empedramento acelerado (consulte Compatibilidade em misturas na página 9).

Valores de URC em misturas de 50:50

Amostra	URC
POLY4:ureia — granular	70-75%
POLY4:ureia — pó	70-75%
POLY4:NAM — granular	55-60%
POLY4:NAM — pó	50-55%
POLY4:DAP — granular	75-80%
POLY4:DAP — pó	70-75%
POLY4:rocha fosfática — granular	85-90%
POLY4:rocha fosfática — pó	80-85%
POLY4:KCl — granular	80-85%
POLY4:KCl — pó	75-80%

URC – misturas de NPK a base de ureia

A compatibilidade química das seguintes formulações NPK à base de ureia, fosfato diamônico (DAP), cloreto de potássio (KCl) e POLY4 foi medida.

Composição da mistura de ureia

Proporção de nutrientes	Grau	Material (% w/w g/100g)			
		Ureia	DAP	KCl	POLY4
2:1:1	27:14:14	47.57	29.51	22.92	0.00
	24:12:12	42.49	26.36	17.34	13.81
	20:10:10	34.39	21.34	8.44	35.83
	16:8:8	28.86	17.91	2.36	50.87

Os resultados finais do teste demonstraram que todas as quatro misturas de NPK à base de ureia eram compatíveis. Notou-se que a proporção 16:8:8 era particularmente robusta. O quadro indica os resultados dos ensaios de URC de misturas NPK à base

de ureia. O aumento da quantidade de POLY4 de 0 para 51%, com a redução consequente do conteúdo de cloreto de potássio de 23 para 0%, não resultou em nenhum efeito em termos de URC. Verificou-se um impacto de agentes de condicionamento/ revestimento (resultados da série de produtos granulados).

URC das misturas de NPK a base de ureia

Amostra	URC
27:14:14 – granular	70-75%
27:14:14 – pó	50-55%
24:12:12 – granular	70-75%
24:12:12 – pó	50-55%
20:10:10 – granular	75-75%
20:10:10 – pó	50-55%
16:8:8 – granular	70-75%
16:8:8 – pó	50-55%



URC – misturas de NPK a base de nitrato de amônia (NA)

A compatibilidade química dos graus de NPK foi determinada em nitrato de amônia (NA), rocha fosfática, cloreto de potássio (KCl) e POLY4.

Composição da mistura de NA

Proporção de nutrientes	Grau	Material (% w/w g/100g)			
		NA	Rocha fosfática	KCl	POLY4
1:1:1	13:13:13	36.80	42.29	20.91	0.00
	12:12:12	35.68	41.00	19.38	3.95
	10:10:10	29.44	33.83	10.85	25.88
	7:7:7	21.83	25.08	0.46	52.63

Após o período de duração de 30 dias dos ensaios acelerados sobre as misturas de NPK à base de NA, detectou-se uma quantidade reduzida de amônia. Assim, ensaios adicionais foram realizados para determinar a fonte. A compatibilidade química de seis misturas de 50:50 e duas formulações 13:13:13 foram analisadas: NAM/rocha fosfática granular, NAM/rocha fosfática compactado, NAM/KCl granular, NAM/KCl compactado, NAM/POLY4 granular, NAM/POLY4, 13:13:13 com NAM granular e

13:13:13 com NAM compactado. Os ensaios de compatibilidade química adicionais mostraram que a mistura de Rocha Fosfática/ NAM foi responsável pela formação de amônia, contrariamente ao POLY4.

O quadro abaixo ilustra os resultados do teste de URC das misturas de NAM. O aumento da quantidade de POLY4 de 0 para 53%, com a redução conseqüente do conteúdo de cloreto de potássio de 18 para 0%, não afetou a URC.

URC das misturas de NPK a base de NA

Amostra	URC
13:13:13 – granular	65-70%
13:13:13 – pó	60-65%
12:12:12 – granular	65-70%
12:12:12 – pó	60-65%
10:10:10 – granular	65-70%
10:10:10 – pó	55-60%
7:7:7 – granular	65-70%
7:7:7 – pó	55-60%

NOTAS

- Página 2** 1) Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População (2017) Estimativas de População Mundial: Revisão de 2017, Principais Descobertas e Quadros Avançados. Documento de trabalho No. ESA/P/WP/248; 2) FAO (2015) Tendências atuais de fertilizantes e perspectivas para 2018 <http://www.fao.org/3/a-i4324e.pdf> (acesso em 18 de fevereiro de 2018).
- Página 8** 3) A metodologia do IFDC ratifica os métodos de Walker e al (1998) e resultados publicados por Albadarin e al (2017); 4) Em conformidade com o Manual de Determinação de Propriedades Físicas de Fertilizantes (IFDC–R-10).
- Página 9** 5) EFMA, 2006; 6) Fontes: 66000-IFDC- 60010-17; 32000-LIM-32011-15; 7) Compatível significa seco e solto; compatibilidade reduzida significa úmido e solto a úmido e não solto; incompatível significa molhado e não solto.
- Page 12 a 15** 8) Propriedades físicas foram determinadas de acordo com os procedimentos do IFDC S-107, S-115, S-116, S-118, S-122, S-101 e S-100 descritos no Manual de Determinação de Propriedades Físicas de Fertilizantes (IFDC–R-10).
- Page 24 a 27** 9) Propriedades físicas foram determinadas de acordo com os procedimentos do IFDC S-107, S-115, S-116, S-118, S-122, S-101 e S-100 descritos no Manual de Determinação de Propriedades Físicas de Fertilizantes (IFDC–R-10).
- Página 35** 10) De acordo com os métodos internacionais do AOAC.
- Page 38 a 41** 11) Propriedades físicas foram determinadas de acordo com os procedimentos do IFDC S-107, S-115, S-116, S-118, S-122, S-101 e S-100 descritos no Manual de Determinação de Propriedades Físicas de Fertilizantes (IFDC–R-10).
- Página 51** 12) De acordo com os métodos internacionais do AOAC.
- Página 52** 13) Hoffmeister e al., 1964; Johanson, 1978; Williams, 1976 e 1990; 14) Williams, 1976; Carson e Marinelli, 1994.
- Página 53** 15) SCS, Ensaios de Adubadora e Pulverizador Ltd. (RU), 2013.
- Página 54** 16) Genstat; 17) Resultados do Novochem (2016) baseados em análises granulométricas de agitador de microplacas.
- Página 55** 18) SCS, Ensaios de Adubadora e Pulverizador Ltd. (RU), 2013.
- Página 57** 19) O teste de URC foi desempenhado de acordo com o procedimento IFDC S-101 descrito no Manual para Determinação de Propriedades Físicas de Fertilizantes (IFDC—R-10).

REFERÊNCIAS

Albadarin, A. B., Lewis, T. D. e Walker, G. M. Tecnologia de pó 308, pp. 193–199 (2017).

Carson, J. W. e Marinelli, J., Caracterização de Sólidos a Granel para Assegurar Fluxo Regular. Engenharia Química, pp. 78-90 (1994).

Hoffmeister, G.; Watkins, S.C. e Silvergerg, J., Misturas a Granel de Material de Fertilizante: Efeito de Tamanho, Formato e Densidade na Segregação. Jornal de Química Agrícola e Alimentar, v. 12, n. 1, pp. 64-69 (1964).

Johanson, J. R., Segregação de Partículas... E o que fazer com isso. Engenharia Química, pp. 183-188, (1978).

Walker, G. M., Magee, T. R. A., Holland, C.R., Ahmad, M.N., Fox, J.N., Moffatt, N.A. e Kells, A.G., Processos de empedramento em fertilizantes de NPK granulares, Ind. Eng. Quim. Res. 37, pp. 435–438, (1998).

Williams, J.C., A Segregação de Materiais Particulares. Uma análise. Tecnologia de Pó, v. 15, pp. 245-251 (1976).

Williams, J.C., Mistura e Segregação em Tecnologia de Pó. John Wiley & Sons, pp. 71-90 (1990).



poly4.com

Impresso em papel fabricado a partir de matérias-primas sustentáveis e rastreáveis.

Versão: Abril 2020