

BOLETIM TÉCNICO

Nº 7



ANDA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS

APLICAÇÃO
MECANIZADA DE
FERTILIZANTES
E CORRETIVOS

(2ª edição)

L.A.BALASTREIRE
J.L.D.COELHO

Setembro de 2000

ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
PARA DIFUSÃO DE ADUBOS
SÃO PAULO - SP

APRESENTAÇÃO

A boa administração da atividade de adubação e calagem envolve um uso inteligente de sua aplicação.

A maioria das aplicações de fertilizantes e calcário é, hoje, feita de forma mecanizada. Assim, é extremamente importante, para o sucesso desta atividade, que o produtor rural esteja preparado para atender as exigências dos equipamentos de aplicação, cada vez mais avançados.

Ressalte-se, ainda, o crescimento do Sistema de Plantio Direto na Palha, o qual está trazendo importantes modificações em toda atividade de preparo do solo e plantio. Isto passa, naturalmente, por novas técnicas para a aplicação mecanizada de fertilizantes e corretivos.

Foi pensando nisto que a ANDA solicitou aos Engenheiros Agrônomos Luiz Antonio Balastreire, PhD, Professor Titular de Engenharia Rural da ESALQ/USP e José Luiz Duarte Coelho, MS, Gerente de Produto e Mercado da SLC/John Deere que efetuassem a revisão e atualização do Boletim Técnico nQ 7, anteriormente editado em 1992.

ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE
ADUBOS
São Paulo, setembro de 2000

SUMÁRIO

Página

1. Introdução	9
1.1 . Mecanização agrícola, correção e fertilização do solo nas principais culturas brasileiras	10
1.1.1. Aplicação de Corretivos e Fertilizantes: tendências e desafios	10
2. Definições básicas	1
3. Aspectos relativos à aplicação mecanizada de corretivos e fertilizantes minerais sólidos	12
3.1 . Aplicação de corretivos	
3.1.1. Em Sistemas Convencionais de Manejo do Solo.....	12
3.1.2. Em Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo.....	14
3.2. Aplicação de fertilizantes minerais sólidos	15
4. Máquinas disponíveis no mercado brasileiro para aplicação de corretivos	19
4.1 . Classificação	
4.1.1. Quanto à fonte de potência	19
4.1.2. Quanto ao tipo de mecanismo dosador	19
4.1.3. Quanto ao tipo de mecanismo distribuidor.....	22
4.2. Regulagens básicas	
4.2.1. Em aplicadoras de corretivos a lança.....	22
4.2.2. Em aplicadoras de corretivos em linhas.....	25
4.3. Manutenção	26
5. Máquinas disponíveis no mercado brasileiro para aplicação de fertilizantes minerais sólidos	26
5.1. Classificação	
5.1.1. Quanto à fonte de potência	26
5.1.2. Quanto ao tipo de mecanismo dosador-distribuidor	26
5.2. Regulagens básicas	
5.2.1. Em adubadoras a lança.....	30
5.2.2. Em adubadoras em linhas conjugadas, ou não, a unidades semeadoras ou plantadoras.....	30
5.3. Regulagens de campo	32
5.4. Manutenção	33

6. Estimativa de desempenho de adubadoras e distribuidoras de corretivos em campo	33
6.1. Conceituação	33
6.2. Obtenção da largura útil da faixa de distribuidoras a lanço	35
6.3. Dimensionamento de conjuntos	39
7. Aplicação de fertilizantes e corretivos segundo os conceitos da Agricultura de Precisão.	40
7.1. Mapeamento da fertilidade de solos	40
7.2. Aplicação localizada de insumos	41
7.3. Aplicação a razões variáveis de insumos	43
7.4. Equipamentos necessários	43
8. Identificação de problemas na aplicação	46
8.1. Em aplicadoras de corretivos	46
8.2. Em distribuidoras de fertilizantes.....	47
9. Normas de segurança para utilização de tratores e máquinas agrícolas	48
10. Bibliografia consultada	49

APLICAÇÃO MECANIZADA DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS

Luiz Antonio Balastreire (1)
José Luis Duarte Coelho (2)

1. Introdução

o desafio assumido na reedição do Boletim Técnico No. 7 foi o de incorporar a correlação das principais tendências da Mecanização Agrícola e seus efeitos no que se refere a maximização da eficiência no uso de corretivos e fertilizantes.

Em 1992, na publicação da primeira edição do referido Boletim sobre "Aplicação Mecanizada de Fertilizantes e Corretivos", a agricultura brasileira possuía aproximadamente 1,8 milhões de hectares em Sistema de Plantio Direto na Palha. Atualmente esta área é oito vezes maior (14 milhões de hectares) e já representa quase 35% da área de grãos do país. A área de Plantio Direto no Brasil ganhou a região do Cerrados à partir de 1994, e ultimamente vem crescendo a uma razão de 1 milhão de hectares ao ano. Estima-se que dentro de 10 anos o Plantio Direto deverá representar cerca de 75% da Agricultura Brasileira de grãos. O conceito de plantar sem o prévio revolvimento do solo também vem sendo adaptado para fruticultura (destaques para a citricultura e cafeeicultura), cana-de-açúcar, pastagens e até eucalipto.

A adoção do Plantio Direto tem um impacto bastante significativo no sistema de mecanização agrícola como um todo, sendo que, no caso específico deste trabalho, a abordagem vai se restringir à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Outro conceito também bastante recente a ser considerado no escopo dessa reedição é o da Agricultura de Precisão, que revoluciona a maneira de se manejar os insumos, plantas daninhas, e o próprio solo dentro do Sistema de Produção Agrícola. No caso específico dessa obra será dado uma ênfase especial a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes. Dessa forma,

(1) Engº Agrônomo, PhD, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. E-mail: labalast@carpa.ciagri.usp.br. Caixa Postal 9, CEP: 13418-900 - Piracicaba - SP.

(2) EngQ Agrônomo, MS, Gerente de Produto e Mercado da SLC / John Deere S.A. E-mail: CoelhoJoseL@johndeere.com. Av. Jorge A D Logemann 600, CEP: 98920-000 - Horizontina - RS.

o objetivo maior deste trabalho continua a ser o de apresentar aos engenheiros agrônomos extensionistas e aos agricultores em geral, o que existe à disposição no mercado brasileiro em termos de máquinas aplicadoras, bem como sua correta utilização manutenção e regulagens nos diversos Sistemas de Produção Agrícola, além de algumas noções básicas de estimativa de desempenho em campo.

1.1 Mecanização agrícola, correção e fertilização do solo nas principais culturas brasileiras

O atual consumo de fertilizantes no Brasil é da ordem de 15 milhões de toneladas/ano, o que equivale a um negócio de US\$ 2,7 bilhões. Segundo LOPES (1990), considerando-se as características químicas dos solos brasileiros principalmente no que se refere à acidez, o país deveria ter um consumo de calcário da ordem de 4:1 o consumo de adubo, o que sinaliza um potencial de quase 60 milhões de toneladas de calcário/ano. Na última década essa proporção acabou se estabilizando no patamar de 1,5 a 1,8:1, o que indica uma defasagem de mais de 50% na relação ideal.

Além disso, a utilização de adubos está bastante concentrada em poucas culturas, pois somente o milho, a soja e a cana-de-açúcar consomem em média 65% de todo o adubo demandado pela agricultura nacional.

O quadro abaixo apresenta em valores percentuais para os níveis de produtividade indicados, o quanto representa o custo do corretivo mais fertilizante no custo total de produção das principais culturas brasileiras:

Pode-se observar que nas principais culturas de importância econômica, o custo da correção e fertilização representa cerca de 20 a 30% do custo total de produção. Se for acrescentado o custo da aplicação mecanizada elevam-se essas percentagens para algo próximo de 22 a 33%, respectivamente.

1.1.1 Aplicação de Corretivos e Fertilizantes: tendências e desafios

Nas pequenas e médias propriedades agrícolas do país em Sistemas Convencionais de Manejo e sem a prática da Agricultura de Precisão, a tendência é de que as aplicações continuem sendo realizadas com equipamentos próprios, via de regra tratorizados. No caso das aplicadoras de corretivos utilizam-se os distribuidores em linhas (ou "cochos de calcário") nas médias propriedades e em áreas maiores as aplicadoras de distribuição à lanço.

Cultura	Produtiv/e (kg/hectare), ou unidade US\$ es ecífica	Custo Total	
MilHO*	7.200	443,28	
SOJA*	3.000	375,49	
ARROZ			
Sequeiro	2.600	306,69	
Irrigado	6.000	847,17	
AIGODAO	220@ lha	841,00	
CANA	-		
Fundação		627,00	
3º corte	100 ton/ha	739,00	
LARANJA			
Ano 1,2,3	- Formação	644,33	93,50 (14,51%)
Ano 8-15	3,5 cx/planta	1.707,00	249,60(16,61%)
CAFÉ			
Ano 1,2,3	- Formação	975,00	
Ano 4 - 20	40sc/hectare	1.774,00	
FEIJÃO	2.700	1.146,91	
TRIGO'	2.300	278,62	
BATATA	30 ton/ha	4.484,00	

águas

Fonte: AGRIANUAL - 2000

(*) Sistema de Produção - Plantio Direto na Palha

(**) Taxa de câmbio: R\$ 1,85/ US\$ 1,00

No caso das médias e grandes propriedades que já se encontram em Sistemas Conservacionistas de Manejo e com Agricultura de Precisão, a tendência é que num primeiro momento continuem a utilizar aplicadoras à lanço, e que, num segundo estágio venham a comprar serviços de aplicação de Companhias Especializadas. Nesse caso, a aplicação será realizada utilizando-se equipamentos de alta performance, normalmente autopropelidos, e, capazes de operar com taxas variáveis, em função da variabilidade espacial dos nutrientes presentes no solo.

2. Definições básicas

Para melhor compreensão dos assuntos tratados posteriormente, alguns conceitos adotados neste trabalho são apresentados a seguir:

. Corretivo - produto que contenha substâncias capazes de corrigir uma ou

mais características do solo desfavoráveis às plantas.

. Fertilizante ou adubo -substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes para as plantas. Quanto ao seu estado físico, podem ser sólidos, fluidos ou gasosos. Como apenas os do tipo sólido são objeto deste trabalho, pode-se dividi-los ainda, segundo sua granulometria em: pó, farelado ou granulado.

. Vazão - massa do produto liberada por unidade de tempo normalmente expressa em kg/minuto ou g/minuto.

. Dosagem - massa do produto liberada por unidade de área, normalmente expressa em kg/ha ou g/m².

. Mecanismo dosado r - responsável pela definição da dosagem do produto retirado do reservatório e liberação do mesmo para o mecanismo distribuidor.

. Mecanismo distribuidor - responsável pela deposição do produto previamente dosado sobre a superfície a ser aplicada.

. Segregação - corresponde ao fenômeno de separação física ao qual estão sujeitos todos os materiais particulados ou granulados que possuem diferenças consideráveis em uma ou mais de suas características físicas, tais como: tamanho, densidade e forma.

3. Aspectos relativos à aplicação mecanizada de corretivos e fertilizantes minerais sólidos

Uma vez que as aplicações de corretivos e fertilizantes apresentam características bastante diferenciadas, a abordagem das mesmas será individualizada.

3.1. Aplicação de corretivos

3.1.1. Em Sistemas Convencionais de Manejo do Solo

Nessa categoria incluem-se os solos que são revolvidos anualmente por ocasião das operações de preparo que tem por objetivo a mobilização total do perfil e, conseqüentemente a incorporação também total dos resíduos orgânicos. As principais operações utilizadas nessa categoria de manejo do solo são a aração e a gradagem.

Via de regra a aração é a operação que visa o preparo primário do solo para o desenvolvimento do sistema radicular, em profundidades médias que podem atingir até 30 a 40 cm, utilizando, respectivamente, o arado de discos ou o arado de aivécas.

Na seqüência tem-se o preparo secundário, cujo principal objetivo é o preparo do leito de semeadura, e normalmente é efetuado por meio de grades médias ou intermediárias, seguidas de grades leves.

Grande parte dos solos brasileiros apresentam problemas de baixa fertilidade, além de excesso de acidez na camada arável e toxidez de alumínio no subsolo.

Para resolver esses problemas são utilizados corretivos agrícolas tanto para neutralização da acidez, redução da toxidez de alumínio e elevação do teor de cálcio na camada arável (por exemplo, o calcário), como para obter os dois últimos efeitos nas camadas sub-superficiais (por exemplo, o gesso). A aplicação desses corretivos em solos em que se visa a implantação de culturas anuais, resume-se basicamente na distribuição dos mesmos na superfície, com posterior incorporação ao perfil. Essa incorporação pode ser dividida em duas etapas, sendo 50% antes da aração e os outros 50% antes da gradagem. Nesse particular, no caso do calcário, a incorporação é indispensável, devido à pouca solubilidade do produto, bem como ao fato de o mesmo ser pouco móvel no solo. Para tal, no caso do manejo convencional, dá-se preferência a incorporação por meio de equipamentos cujos órgãos ativos são do tipo discos, uma vez que promovem melhor mistura do corretivo com o solo, por exemplo se comparado à equipamentos que utilizam hastes (como no caso dos escarificadores) ou mesmo relhas (como no caso dos arados de aivécas).

No caso do gesso, a incorporação pode ser dispensada, pois esse produto é mais solúvel e lixiviável no perfil com muita facilidade.

No caso de culturas perenes, como o solo não é trabalhado todos os anos, a calagem e a gessagem são normalmente realizadas por ocasião do período de estiagem, com aplicação superficial do produto e posterior incorporação, principalmente no caso do calcário, por meio de gradagem leve.

Em ambos os casos, a dosagem a ser utilizada deve ser determinada rigorosamente em função das análises de solo e das recomendações agrônômicas para a cultura em questão. Convém lembrar que as análises de solo para fins de calagem devem ser realizadas em profundidades de até 30 cm, e no caso do gesso agrícola, dependendo da cultura, essas amostras deverão ser retiradas também na camada de 30 a 50 cm, ou até mais profundamente se for o caso.

3.1.2. Em Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo

Nessa categoria incluem-se os sistemas que por ocasião da sementeira ainda permitem um índice de cobertura (material orgânico em superfície), variável de 30% a 100%. Do ponto de vista conservacionista do solo são os sistemas mais evoluídos que existem na agricultura brasileira, e, cujos representantes mais conhecidos na cultura de grãos são o Preparo Reduzido do Solo e a Sementeira Direta, essa última mais conhecida como Plantio Direto na Palha.

Tratam-se de sistemas mais ajustados ao manejo de solos tropicais, por manterem a superfície dos mesmos parcial ou totalmente coberta durante todo o ano, protegendo-a contra a erosão, principalmente hídrica, e possibilitando a recomposição da vida microbiológica devido a uma maior disponibilidade de matéria orgânica. Atualmente os primeiros solos do Brasil onde a técnica do Plantio Direto se iniciou há mais de 28 anos atrás (região de Rolândia/PR) se encontram com teores de matéria orgânica superior a 6% (contra os históricos 1,8%) e os níveis de erosão, que em sistemas convencionais podem atingir até 70 ton de solo/hectare/ano, praticamente foram reduzidos à zero. Nas condições de Sistema Conservacionista de Manejo do Solo, a recomendação técnica é que o corretivo seja simplesmente aplicado na superfície do solo, preferencialmente à lanço sobre a camada de palha. Vários estudos tem mostrado que em solos de textura média e arenosa, o fluxo do calcário tem ocorrido, principalmente em função da maior atividade microbiológica no perfil. A grande diferença em relação a aplicação em Sistemas Convencionais de Manejo do Solo é que, ao invés de se aplicar o corretivo a cada 4 ou 5 anos, promove-se a aplicação anual do mesmo. No caso de solos com elevados teores de argila, onde os níveis de retenção são significativamente maiores, associado a aplicação anual do calcário, ainda pode-se proceder uma aplicação de gesso sobre o calcário depositado na superfície. Nesse caso, a intensa atividade do gesso irá "forçar" a "descida" do calcário, resultando no que alguns autores denominam de "incorporação química" do calcário. Quando se utiliza essa técnica não se pode deixar de observar as proporções de calcário e gesso para evitar o "arraste" em profundidade de outros elementos.

A aplicação mecanizada de corretivos tem como fatores limitantes as características físicas do produto, principalmente no que se refere à sua granulometria e teor de água. Assim sendo, quanto menor o tamanho das partículas, e quanto mais úmido o produto, maior dificuldade as máquinas aplicadoras encontram para dosar e distribuir adequadamente o mesmo.

Via de regra, esses corretivos são aplicados a lanço, por meio de distribuidores tratorizados, conforme ilustra a Figura 1 a seguir.

3.2. Aplicação de fertilizantes minerais sólidos

A adubação com fertilizantes minerais é uma prática indispensável na agricultura moderna. Isso porque é a forma mais rápida e eficiente - e de menor custo operacional - para melhorar as características químicas do solo, principalmente no que se refere ao aumento de disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas.

O sucesso de uma boa adubação é uma combinação de alguns parâmetros importantes, dos quais podem-se destacar:

- . características físico-químicas do solo;
- . tipos de nutrientes que devem constar da recomendação bem como suas respectivas quantidades;
- . qualidade do produto;
- . época de aplicação;
- . eficiência da distribuição.

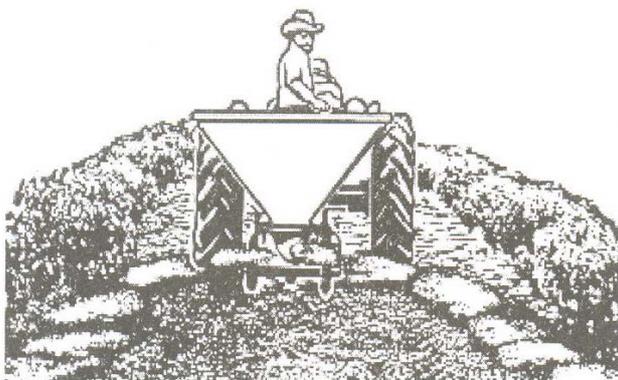


Figura 1. Aplicação tratorizada de corretivo agrícola a lanço
(Fonte: folheto Vicon).

Na verdade, para que esse último parâmetro possa ser atendido, necessita-se que todos os demais já tenham sido rigorosamente verificados.

De uma maneira geral, pode-se conceber três épocas distintas de adubação:

- . antes da implantação da cultura;
- . simultaneamente à implantação da cultura;
- . após a implantação da cultura.

* Adubação antes da implantação da cultura

Também conhecida por adubação de fundação, ou "de fundo", é uma prática usual em culturas perenes ou semi-perenes, normalmente característica de plantas com princípio de propagação vegetativa como mudas, colmos, bulbos e tubérculos. Nesse caso, normalmente a unidade adubadora é associada a um implemento sulcador e, portanto, por ocasião da sulcação é realizada a adubação principalmente de fósforo e de potássio. Outra variável é quando a cultura é implantada em covas, e, nesse caso a adubação pode ser realizada inclusive manualmente. Os exemplos mais característicos dessas duas variáveis são a lavoura cafeeira mais tradicional e a cultura da cana-de-açúcar. A Figura 2 mostra uma configuração típica de máquina adubadora associada a um Implemento sulcador.

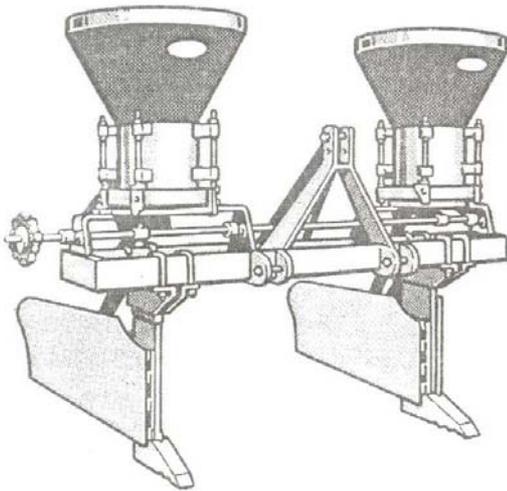


Figura 2. Adubadora associada a unidade sulcadora para cultura de cana-de-açúcar. (Fonte: folheto DMB)

* Adubação simultânea à implantação da cultura

Também conhecida como adubação de semeadura, é característica de culturas anuais. Dessa forma, a unidade adubadora é associada à unidade

semeadora, tanto no caso de semeadoras para sementes miúdas (trigo, aveia, cevada, centeio e forragens em geral),, como no caso de semeadoras para sementes graúdas (milho, soja, feijão, algodão, girassol e outras). Pode também ser associada a unidades plantadoras de órgãos vegetativos, como é o caso típico da plantadora de mandioca e da plantadora de batata. Cada unidade possui mecanismos dosadores diferenciados para sementes ou órgãos vegetativos e para adubos, com regulagens totalmente independentes, sendo que a deposição, nesse caso, é obrigatoriamente realizada em linhas.

Os exemplos mais característicos de lavouras onde ocorre esse tipo de adubação são as culturas produtoras de grãos e algumas forrageiras, e os adubos mais utilizados nesse caso são as formulações N-P-K convencionais.

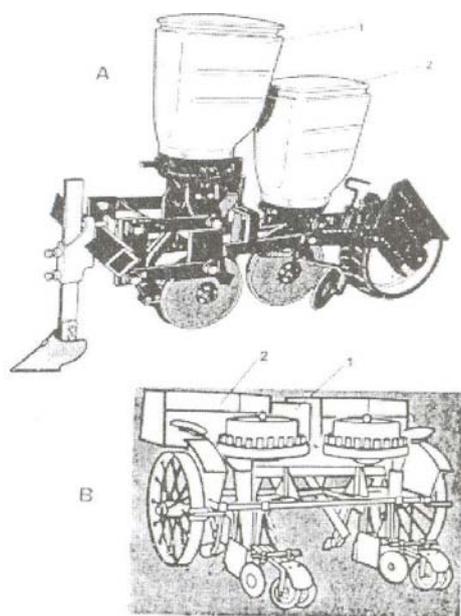


Figura 3. A. Semeadora-adubadora de precisão para sementes graúdas. 1. Reservatório de fertilizantes. 2. Reservatório de sementes (Fonte: Folheto Jumil). B. Plantadora-adubadora para Mandioca. 1. Reservatório de fertilizante, 2. Reservatório de manivas (Fonte: Gadanha Jr. et al. (1991)).

A Figura 3 apresenta uma configuração típica de semeadora-adubadora de precisão, utilizada para sementes graúdas (A) e outra configuração característica de plantadora-adubadora para mandioca(B).

* Adubação após a implantação da cultura

Esse tipo de adubação pode tanto ser utilizado em culturas perenes, como em culturas anuais.

Nas culturas perenes, normalmente está relacionada com as adubações de manutenção da planta. Nas culturas anuais é quase que específica para as adubações nitrogenadas, embora, mais recentemente, também sejam utilizadas adubações potássicas. Em ambos os casos é conhecida como adubação de cobertura. Como as perdas, principalmente por volatilização são relativamente elevadas em adubos nitrogenados, as máquinas mais modernas visam a introdução do fertilizante em linhas e incorporado ao solo, e não simplesmente depositado na superfície. Dessa maneira, as perdas são significativamente menores.

A Figura 4 abaixo apresenta uma adubadora associada a cultivador mecânico para culturas anuais em linhas.

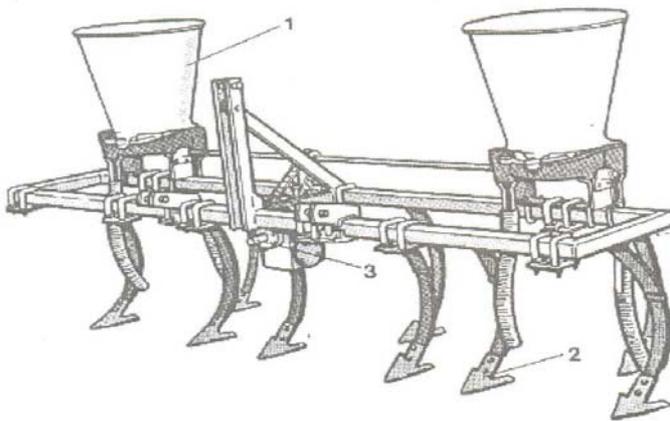


Figura 4. Adubadora associada a cultivador mecânico para culturas anuais. 1. Reservatório de fertilizante, 2. Enxada do cultivador, 3. Eixo para acionamento do mecanismo dosador (Fonte: folheto Jumil).

4. Máquinas disponíveis no mercado brasileiro para aplicação de corretivos

4.1. Classificação

Didaticamente, os distribuidores encontrados no mercado nacional podem ser agrupados de acordo com as seguintes características:

- . quanto à fonte de potência;
- . quanto ao tipo de mecanismo dosador;
- . quanto ao tipo de mecanismo distribuidor.

4.1.1. Quanto à fonte de potência

Com relação à fonte de potência para transporte e/ou acionamento de seus órgãos ativos, os distribuidores de corretivos podem ser de tração animal, tratorizados e autopropelidos (caminhões aplicadores).

Quanto aos tratorizados, que são aqueles utilizados em maior escala no Brasil, ainda se subdividem em máquinas de arrasto, quando são tracionadas apenas pela barra de tração; ou então montadas, no caso do acoplamento ser realizado diretamente no engate de três pontos do sistema hidráulico. Em ambos os casos, o mais comum é o acionamento dos órgãos ativos por meio da tomada de potência (TDP) do trator que, durante a aplicação, deve permanecer a uma rotação constante de 540 rotações por minuto (rpm), independentemente da velocidade do conjunto. Para que essa rotação seja atingida, o operador deve consultar o manual de instruções do trator e verificar qual é a rotação do motor que corresponde a 540 rpm na TDP. Uma vez que a relação de transmissão do motor para a TDP reduz a rotação numa proporção média que varia de 3 a 4 : 1, normalmente o motor deverá estar operando numa faixa média de 1620 a 2160 rpm, variável segundo o projeto de cada trator. Uma vez fixada a rotação ideal de trabalho, a velocidade desejada será obtida somente em função do câmbio.

4.1.2. Quanto ao tipo de mecanismo dosador

Quanto ao tipo de mecanismo dosador que os equipa, os distribuidores de corretivos podem ser divididos em dois grandes grupos:

A. Distribuidores equipados com mecanismos dosadores gravitacionais

São aqueles que promovem e controlam o fluxo gravitacional do produto do reservatório para o mecanismo distribuidor, auxiliados pelo movimento de

um agitador mecânico que atua sobre um orifício de abertura regulável. A Figura 5 apresenta um mecanismo dosador gravitacional típico.

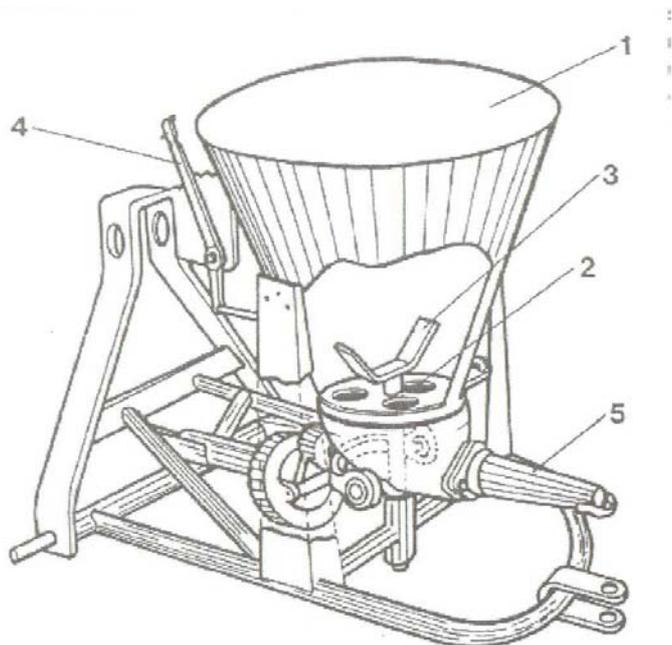


Figura 5. Distribuidor de corretivos montado, equipado com mecanismo dosador gravitacional e mecanismo distribuidor tipo pêndulo. 1. Reservatório, 2. Mecanismo dosador gravitacional, 3. Agitador mecânico, 4. Alavanca reguladora de vazão, 5. Pêndulo.

Os mecanismos dosadores gravitacionais normalmente equipam distribuidores montados no engate de três pontos do sistema hidráulico, de capacidade volumétrica média de 400 a 1000 litros.

B. Distribuidores equipados com mecanismos dosadores volumétricos

São aqueles que promovem a retirada contínua de um determinado volume de material do reservatório, normalmente por meio de uma esteira ou

correia transportadora, e cuja vazão é regulada por uma chapa raspadora que limita a altura do produto sobre essa esteira, junto à bica de saída do reservatório. Essa bica despejará o produto no mecanismo distribuidor da máquina. São mecanismos muito eficientes, e que conseguem manter uma boa uniformidade, mesmo no caso da utilização de produtos com características físicas que tomam o trabalho mais difícil conio no caso do calcá rio e do gesso, agravadas ainda mais no caso do gesso, devido ao elevado teor de água do produto.

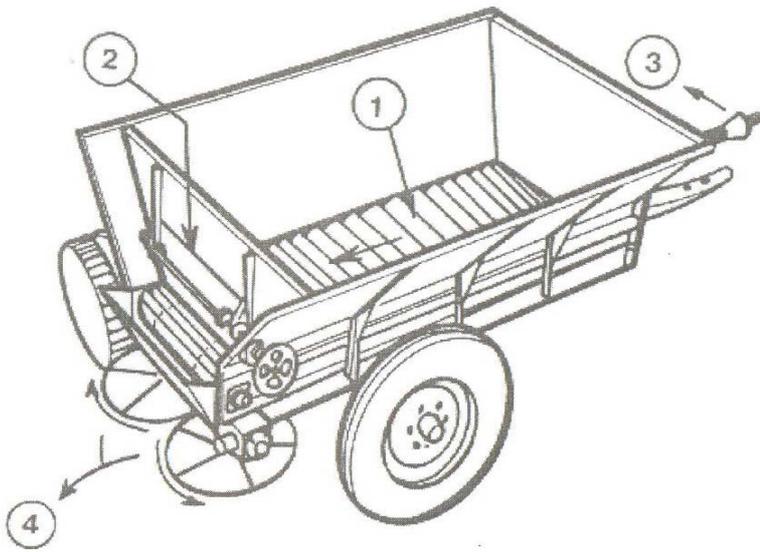


Figura 6. Distribuidor de corretivos de arrasto, equipado com mecanismo dosador volumétrico e mecanismo distribuidor tipo rotor duplo. 1. Mecanismo dosado r volumétrico do tipo esteira transportadora, 2. Chapa raspadora, 3. Cardan para acionamento da esteira, 4. Mecanismo Distribuidor tipo rotor duplo (Fonte: Mialhe: (1986)).

Normalmente, equipam distribuidores com maior capacidade volumétrica como os tratorizados de arrasto, com capacidade volumétrica entre 2.500 e 10.000 litros, e os autopropelidos, que podem atingir até 15.000 litros.

A Figura 6 ilustra uma máquina tratorizada de arrasto, equipada com mecanismo dosador volumétrico.

4.1.3. Quanto ao tipo de mecanismo distribuidor

Quanto ao tipo de mecanismo distribuidor que os equipa, os distribuidores podem operar por meio de três princípios diferentes:

A. Queda livre - caracterizado pelos distribuidores cujos mecanismos dosadores gravitacionais localizam-se no fundo do reservatório, e o produto depois de dosado, é depositado em linhas na superfície do solo, por queda livre.

B. Força centrífuga - caracterizado pelos distribuidores que utilizam um ou dois rotores (ou discos) horizontais com aletas fixas, ou não, para o lançamento radial do produto.

c. Movimento pendular - caracterizado pelos distribuidores que possuem um tubo com movimento oscilatório horizontal.

Normalmente, as máquinas montadas com capacidade volumétrica de até 750 litros são equipadas com rotor único ou então com mecanismos pendulares. Nas máquinas de arrasto e nas autopropelidas com capacidade volumétrica maior, em média de 1.000 a 15.000 l, predominam os rotores duplos. Em todos esses casos, a distribuição é a lanço, com a deposição do produto em uma faixa cuja largura é bem maior que a largura da máquina, porém desuniforme. Essa desuniformidade ocorre devido a uma maior concentração do produto na parte central da faixa, e com deposição decrescente, à medida que se caminha em direção às suas extremidades. Para compensar essa deficiência, torna-se necessária uma determinada sobreposição entre passadas adjacentes, conforme será explicado no item 6.2 .

Finalmente, os mecanismos que operam pelo princípio de queda livre têm como representantes os distribuidores de corretivos em linha, também conhecidos como "cocho de calcário", com capacidade volumétrica média variável entre 500 a 3.000 litros.

Alguns estudos recentes mostram que no Brasil, 72 % das aplicações de corretivos são realizadas a lanço, e apenas 28% são efetuadas por meio de distribuidores em linha.

4.2. Regulagens básicas

4.2.1. Em aplicadoras de corretivos a lanço

A regulagem da dosagem em máquinas aplicadoras de corretivos a lanço resume-se basicamente na regulagem da vazão do produto, combinada com a largura útil de trabalho e com a velocidade de deslocamento do conjunto trator-máquina.

Os mecanismos dosadores, sejam eles volumétricos ou gravitacionais, apresentam alavancas reguladoras da vazão com escalas relativas graduadas.

No caso das máquinas acionadas pela TDP, como já foi mencionado anteriormente, a rotação das mesmas em operação deve permanecer constantemente a 540 rpm, o que implicará também no fato de o motor do trator operar a uma rotação constante. Assim sendo, o operador deverá engatar uma marcha tal que, a essa, rotação do motor, o conjunto se desloque numa faixa de velocidade entre 6,0 e 8,0 km/h, recomendada para essa operação.

A aferição da velocidade operacional é de fundamental importância, pois se a mesma estiver acima da velocidade necessária, para uma dada vazão, a dosagem será menor do que a desejada, e, caso contrário, quando a velocidade operacional for menor do que a necessária, para a mesma vazão, a dosagem final será maior do que a desejada.

A seguir, será descrita uma forma bastante prática para conferir se a velocidade de deslocamento é de fato aquela necessária à operação.

Por exemplo, para se obter a velocidade de 6,0 km/h, o manual de instruções de um determinado trator recomenda que se utilize a 3ª. marcha reduzida, a uma rotação do motor de 1850 rpm (que, nesse caso, corresponde a 540 rpm na TDP).

Como o trator não possui velocímetro, para conferir se isso realmente ocorre, deve-se operar o conjunto com a marcha e a rotação recomendadas numa área plana, com a máquina com 50% de carga e com a TDP em funcionamento. O conjunto deve percorrer 6,0 km/h, ou 6.000 m/ 60 minutos, ou ainda 100 metros em 1 minuto. Para aferição pode-se simplesmente utilizar duas estacas alinhadas e distanciadas em 100 metros e um cronômetro. Caso o conjunto esteja demorando mais de um minuto para cumprir o trajeto, engatar a marcha imediatamente superior e proceder a nova aferição. Caso contrário, ou seja, se o conjunto cumpre o percurso num intervalo de tempo inferior a um minuto, engatar a marcha imediatamente inferior. Nesse caso, especificamente, engatar a 2ª marcha reduzida e conferir novamente.

Nas aplicações a lanço, a dosagem (D) é calculada a partir da seguinte equação:

$$D = \frac{10.000 \times Q}{L \times V}$$

onde:

D = dosagem (kg/ha)

Q = vazão (kg/min)

L = largura útil de trabalho (m)

V = velocidade do conjunto (m/min)

A título de exemplo, suponha-se que uma aplicadora de corretivos a lanço deva distribuir 2.500 kg/ha de calcário, e que a largura útil da faixa de distribuição é de 6,0 metros (vide item 6.2).

Calcular as vazões necessárias para o conjunto operar com velocidade de 6,0 km/h e também de 8,0 km/h.

1° para V= 6,0 km/h

$$v = 6,0 \text{ km/h} = 6.000 \text{ m} / 60 \text{ min} = 100 \text{ m} / \text{min}$$

$$D = \frac{10.000 \times Q}{L \times V} \quad \dots \quad 2500 = \frac{10.000 \times Q}{6 \times 100}$$

$$Q = 150 \text{ kg/min}$$

2° para V = 8.0 km/h

$$V = 8,0 \text{ km/h} = 8.000 \text{ m} / 60 \text{ min} = 133,33 \text{ m} / \text{min}$$

$$D = \frac{10.000 \times Q}{L \times V} \quad \dots \quad 2500 = \frac{10.000 \times Q}{6 \times 133,33}$$

$$Q = 200 \text{ kg/min}$$

Assim sendo, caso se deseje trabalhar a 6,0 km/h, a vazão deve ser regulada para 150 kg/min e caso a opção seja a velocidade de 8,0 km/h, a vazão deve ser ajustada para 200 kg/min.

Para se aferir a vazão necessária, nas máquinas equipadas com rotores, é necessário posicionar inicialmente a alavanca reguladora da vazão na posição indicada pelo fabricante no manual de instruções da máquina, que equivale à dosagem desejada. A seguir, envolver a máquina com um encerado e colocá-la em funcionamento na rotação nominal de 540 rpm com o trator parado e cronometrar um determinado intervalo de tempo (1 minuto por exemplo). Recolher o material depositado no encerado, e pesar para verificar se corresponde à vazão necessária, em kg/min. Se a quantidade recolhida for inferior à necessária, abrir um pouco a vazão; caso contrário, se a quantidade for maior que a necessária promover a redução da vazão na alavanca reguladora, até chegar no ponto desejado. Nas máquinas equipadas com distribuidor pendular,

o procedimento é exatamente o mesmo, com a única diferença que, ao invés de envolver a máquina com um encerado, basta retirar o pêndulo e coletar o material a ser depositado diretamente na saída do mecanismo dosador.

4.2.2. Em aplicadoras de corretivos em linhas

No caso das aplicadoras de corretivos em linhas, a regulagem é ainda mais simples, uma vez que a largura útil da faixa de deposição é a própria largura da máquina, além do fato de a deposição ser bastante uniforme ao longo da mesma.

Assim sendo, basta proceder à regulagem inicial do mecanismo dosador, segundo indicação do manual de instruções da máquina para a dosagem desejada.

A seguir, abastecer a máquina com 50% da sua capacidade e passar com o conjunto trator-máquina sobre um encerado de área conhecida. De preferência, a largura do encerado deve ser igual à largura útil da máquina, ou seja, equivalente à dimensão da bitola interna da máquina. Dessa forma, os pneus, que via de regra são as próprias rodas de terra que acionam os mecanismos dosadores e/ou agitadores, permanecem na superfície original de trabalho. Depois da passada do conjunto, recolher o material depositado no encerado, pesar e converter para kg/ha, para aferição da dosagem.

A título de exemplo, suponha-se que uma aplicadora de corretivos em linhas deva distribuir 1.500 kg/ha de calcário, operando a 6,5 km/h, sendo a largura útil da máquina igual a 2,2 m e as dimensões do encerado 2,2 x 5,0m:

$$\text{. a dosagem de } 1.500 \text{ kg/ha equivale a } \frac{1.500.000 \text{ g}}{10.000 \text{ m}^2}$$

ou seja, 150 g/m²;

. uma vez que as dimensões do encerado são 2,2 x 5,0 m, sua área total é de **11 m²**;

. como a dosagem necessária é de 150 g/m², uma vez regulada, a máquina deverá distribuir 1.650 g ao passar sobre o encerado;

. caso a quantidade distribuída na regulagem inicial seja menor que 1.650 g, aumentar a vazão do mecanismo dosador;

. caso a quantidade distribuída na regulagem inicial seja maior que 1.650 g, diminuir a vazão do mecanismo dosador;

. uma vez atingida a vazão ideal, proceder no mínimo a três determinações para confirmação;

. essa regulação deve ser realizada todas as vezes em que se for utilizar a máquina, mesmo que a dosagem desejada seja a mesma, pois a vazão se altera de calcário para calcário, e até no mesmo produto, caso haja uma variação no teor de umidade do mesmo.

4.3. Manutenção

Quando em operação, a máquina deve ser lubrificada diariamente nos pontos indicados pelo fabricante, além de necessitar de constante reaperto de porcas e parafusos, devido ao excesso de vibração.

Em máquinas equipadas com rodas de terra pneumáticas, conferir a pressão de insuflagem diariamente, uma vez que o pneu também faz parte do sistema de transmissão e, se estiver descalibrado, vai interferir na vazão do produto. Nunca guardar a máquina abastecida, mesmo que seja de um dia para o outro, nem transportá-la do galpão para o campo com produto em seu interior.

No final do período de utilização, desmontar seus órgãos ativos, retirar o reservatório para limpeza, repintar as partes metálicas que perderam sua pintura e pulverizar óleo vegetal para guardá-la até o próximo período de utilização, preferencialmente em locais cobertos.

5. Máquinas disponíveis no mercado brasileiro para aplicação de fertilizantes minerais sólidos

5.1. Classificação

Idem ao descrito para máquinas aplicadoras de corretivos, no item 4.1.

5.1.1. Quanto à fonte de potência

Idem ao descrito para máquinas aplicadoras de corretivos, no item 4.1.1.

5.1.2. Quanto ao tipo de mecanismo dosador distribuidor

No caso das adubadoras a lanço, também é válido o que foi descrito para máquinas aplicadoras de corretivos nos itens 4.1.2 e 4.1.3, uma vez que, inclusive, as máquinas, via de regra, são as mesmas. Normalmente, nesse

ILUSTRAÇÕES COLORIDAS

DO

BOLETIM TÉCNICO Nº 7

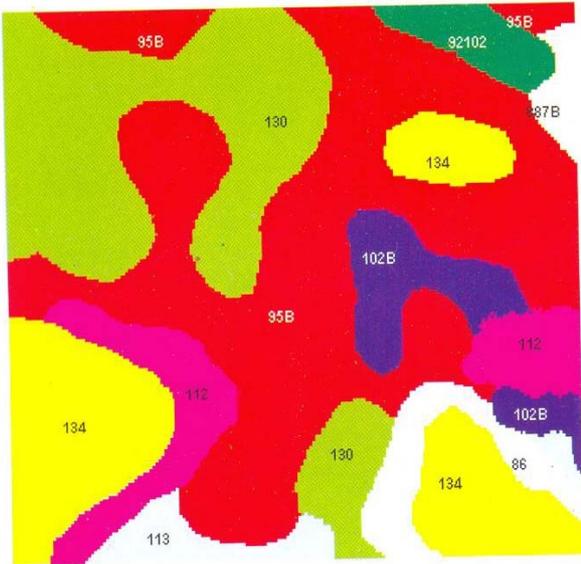


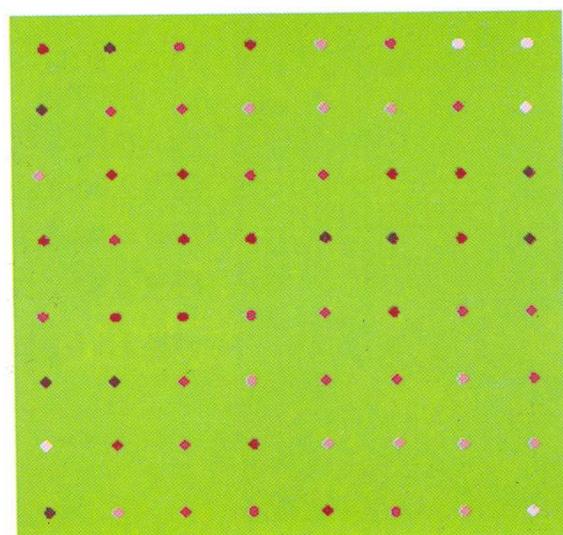
Figura 15. Mapa de fertilidade do solo (pg.40)



Figura 16. Veículo amostrador de solos equipado com DGPS (pg. 41)



Figura 18. Equipamento para aplicação localizada de insumos (pg.43)



LEGENDA
pH

●	4,8 - 5,1
●	5,1 - 5,7
●	5,7 - 6,0
●	6,0 - 6,3
●	6,3 - 6,8

Figura 19. Pontos e valores de pH para o talhão amostrado (pg. 44)

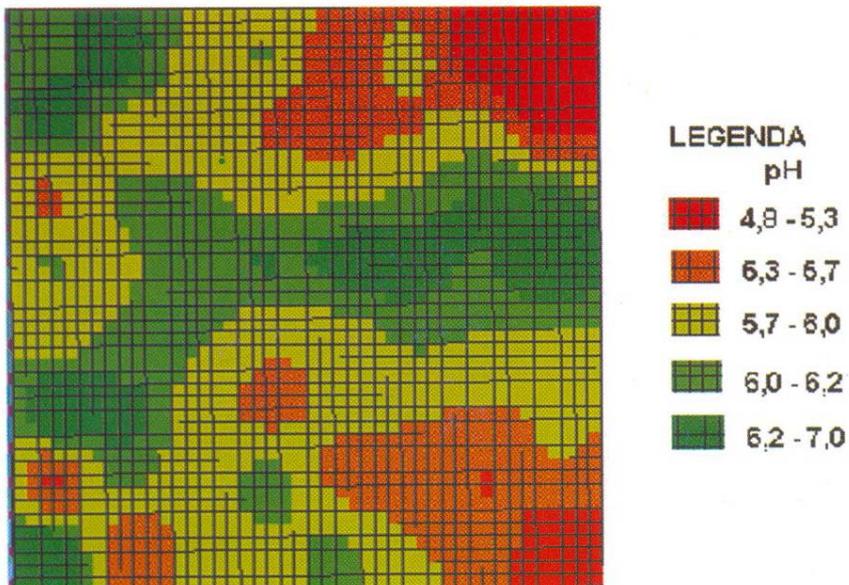


Figura 20. Mapa representando uma superfície com o pH do solo (pg. 45)

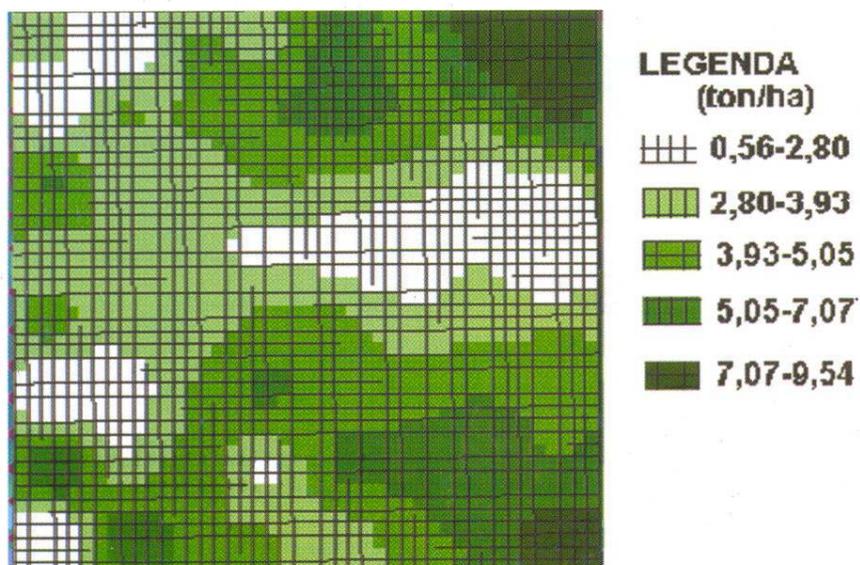


Figura 21. Mapa de recomendação da quantidade de calcário (pg.45)

caso são empregadas para adubação antes da implantação das culturas, e, em alguns casos na própria adubação de cobertura. Em ambas as situações a adubação é realizada a lanço em área total, ou mesmo em adubação localizada, como no caso típico da deposição sob a copa das frutíferas em culturas perenes, com a utilização de acessórios especiais.

Para as adubadoras em linha, conforme mencionado no item 3.2, a utilização típica é na adubação simultânea à implantação de culturas. Nesse caso, invariavelmente, estão associadas a unidades semeadoras ou então plantadoras. Outra variação é na adubação após a implantação da cultura, por exemplo, associada a um cultivador mecânico, utilizado para controle de plantas daninhas nas entrelinhas da cultura.

Em ambos os casos, predominam no mercado nacional máquinas equipadas com mecanismos dosadores volumétricos, dos quais os mais comuns são: rotores denteados horizontais, também conhecidos como "rosetas", roscas-sem-fim ou helicóides e pratos giratórios com raspadores fixos, conforme esquematizados na Figura 7.

Nesses mecanismos, como regra geral, a vazão do produto é determinada pela combinação da velocidade angular do mecanismo, normalmente por meio da troca de engrenagens ou de rodas denteadas, com a abertura da comporta de saída do produto, regulada por alavanca externa. Uma vez que a quase totalidade dos mesmos é acionada por meio de roda de terra, dentro de certos limites, existe uma proporcionalidade entre a velocidade de deslocamento do conjunto e a vazão, de forma a manter constante a dosagem do produto. Quanto maior a velocidade, maior a rotação dos mecanismos dosadores, e vice-versa, a fim de manter constante a dosagem requerida. Essas rodas de terra podem ser individuais, quando a cada roda corresponde o acionamento de um único mecanismo dosador, ou então coletivas, no caso de uma roda acionar mais de um mecanismo dosador, simultaneamente.

Nas máquinas que não possuem roda de terra, como é o caso das adubadoras montadas associadas a cultivadores mecânicos, o acionamento pode ser realizado por meio da TDP, e portanto esta também deve permanecer a uma rotação nominal de 540 rpm.

No caso das plantadoras-adubadoras e das semeadoras de precisão associadas a adubadoras, normalmente os reservatórios de fertilizantes são individualizados. Nas semeadoras de fluxo contínuo associadas a adubadoras, via de regra, os reservatórios são conjugados, ou seja, num único reservatório são montados vários mecanismos dosadores, segundo o número de linhas de semeadura da máquina, conforme apresentado na Figura 8.

Nas semeadoras de precisão associadas a adubadoras, com maior número de linhas de semeadura, também é comum os reservatórios de sementes continuarem individualizados, porém, o reservatório de adubos é

conjugado, e normalmente dividido em duas partes, conforme ilustrado a seguir, na Figura 9.

Nas máquinas mais modernas, também é comum a existência de pinos de segurança passantes no rotor de acionamento dos mecanismos dosadores. São construídos de um material menos resistente que o sistema de transmissão, de forma que numa sobrecarga, o pino seja cisalhado e o mecanismo dosador pare de funcionar evitando maiores danos ao conjunto. Portanto, esse pino só deve ser substituído por outro igual.

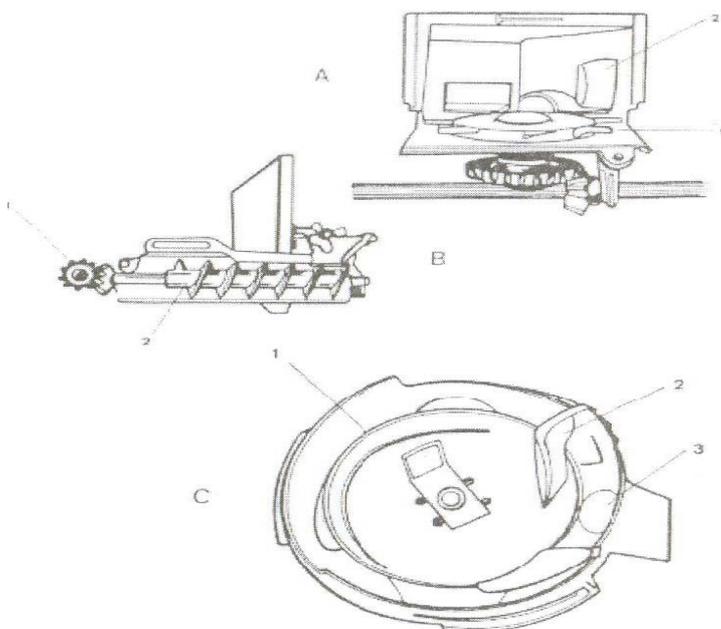


Figura 7. Tipos de mecanismos dosadores volumétricos para adubadoras em linha. A. Rotor denteado horizontal, 1. Rotor denteado. 2. Comporta de saída de adubo. B. Dosador helicoidal, 1. Sistema de transmissão, 2. Dosador. C. Disco horizontal rotativo com raspador fixo, 1. Disco rotativo, 2. Raspador fixo, 3. Orifício de saída do adubo (Fonte: Balastreire (1987)).

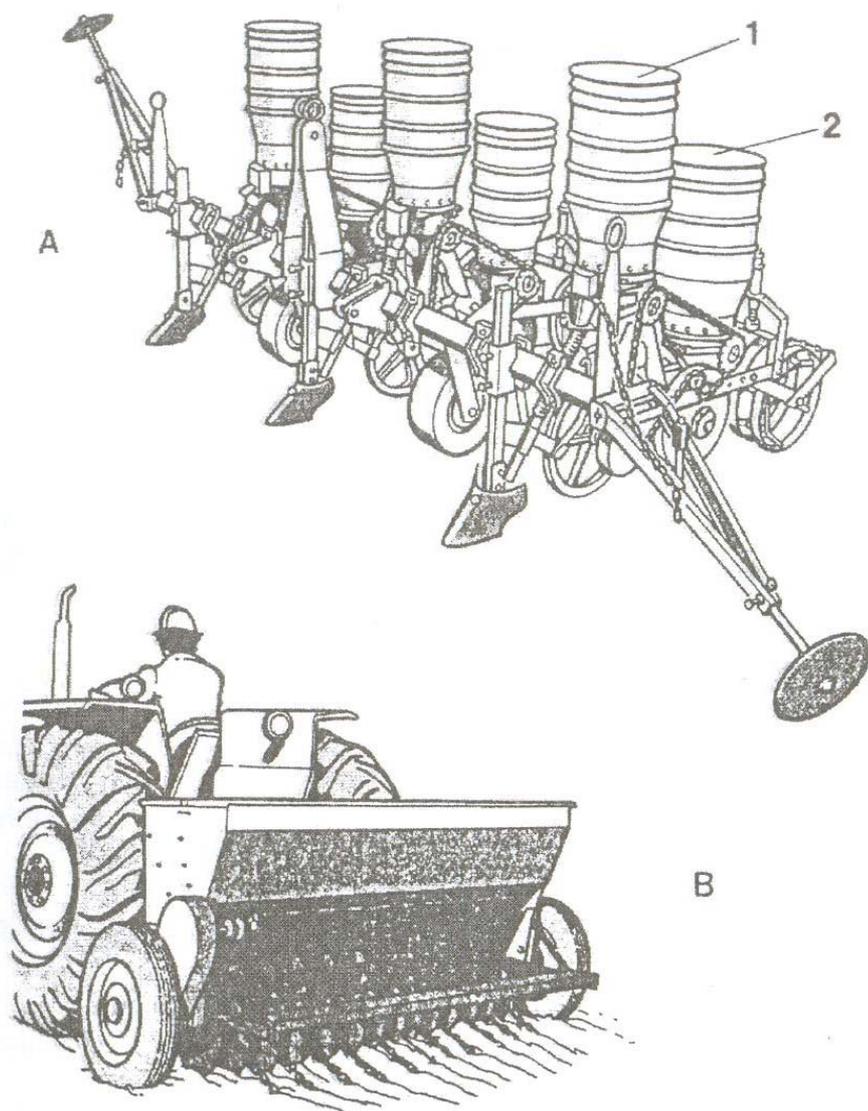


Figura 8. A.Semeadura-adubadora de precisão de três linhas, montada para semeadura de milho. 1.Reservatório de fertilizantes, 2.Reservatório de sementes (Fonte: folheto Baldan). B.Semeadora de fluxo contínuo associada a adubadora de 11 linhas, montada para semeadura de trigo (Fonte: Folheto Jumil).

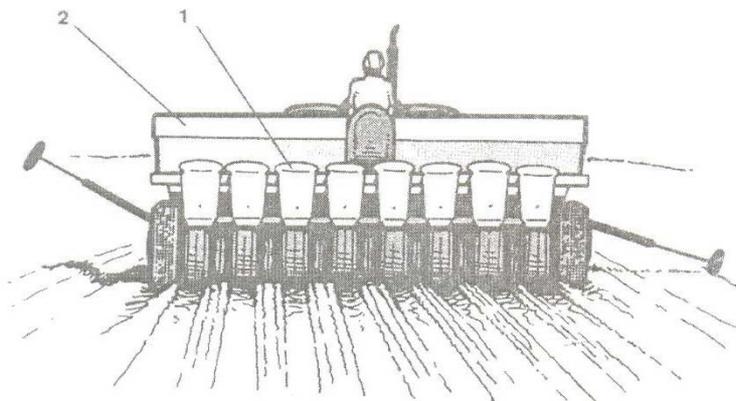


Figura 9. Semeadora-adubadora de precisão de arrasto, com 8 linhas, para semeadura de soja. 1. Reservatório de semente, 2. Reservatório de fertilizante (Fonte: folheto Jumil).

5.2. Regulagens básicas

5.2.1. Em adubadoras a lanço

São exatamente as mesmas descritas para aplicadoras de corretivos a lanço, no item 4.2.1

5.2.2. Em adubadoras em linhas conjugadas, ou não, a unidades semeadoras ou plantadoras

Nesse caso, além da vazão deve-se considerar para fins de cálculo de dosagem, o espaçamento entre linhas da cultura a ser implantada.

A título de exemplo, suponha-se que se deseja fazer a implantação de uma cultura anual com espaçamento entre linhas de 1,0 m e com uma dosagem de uma formulação N-P-K equivalente a 650 kg/ha.

A distância (L) a ser percorrida por hectare, com espaçamento entre linhas de 1,0 m, é dada por:

$$L = \frac{10.000 \text{ m}^2 / \text{ha}}{1 \text{ m}} = 10.000 \text{ m} / \text{ha}$$

. Como a dosagem recomendada é de 650 kg/ha, e a distância percorrida (L) é igual a 10.000 metros lineares, a quantidade de adubo que deve cair em cada metro linear é dada por $(650.000 \text{ g/ha}) / (10.000 \text{ m/ha})$, ou seja, **65 g/m**.

. Fazendo-se uma marca na roda de terra da semeadora-adubadora, e tracionando-a no mesmo terreno em que a mesma vai operar, com a mesma velocidade de trabalho, por exemplo 4,5 km/h, e abastecida com 50 % de carga, contar **dez voltas** completas da roda, demarcando o ponto inicial e o ponto final com o auxílio de duas estacas.

. A seguir, utilizando uma trena, medir a distância entre as duas estacas, que nesse caso será considerada 24 metros, para efeito de cálculos.

. Uma vez que para se obter a dosagem recomendada é necessário que sejam distribuídas 65 g/m, ao longo de 24 metros, precisam cair $65 \times 24 = 1.560 \text{ g}$.

. A seguir, amarrar alguns sacos plásticos nas extremidades dos tubos de descarga para se coletar, com a máquina em operação, a quantidade de adubo depositada ao longo dos 24 metros que separam as duas estacas. Em máquinas que possuem mecanismos dosadores com acionamento conjugado, fazendo-se a amostragem em 50 % deles já é o suficiente. Porém, em máquinas onde as regulagens de vazão são individualizadas, deve-se proceder tanto à regulagem do mecanismo dosador como sua verificação posterior em cada linha de aplicação.

Com o objetivo de simplificar um pouco essa rotina de cálculos, a Tabela 1 apresenta a quantidade de adubo expressa em gramas que deve cair ao longo de 10 metros lineares, para que o agricultor obtenha uma dosagem que varia de 100 até 1000 kg/ha, para os mais diversos espaçamentos entre linhas empregados nas várias culturas.

Por exemplo, se a dosagem recomendada para um determinado adubo é de 500 kg/ha, e o espaçamento da cultura é 40 cm, no cruzamento da linha referente a 500 kg, com a coluna referente a 40 cm, encontra-se a quantidade de adubo que deve cair em 10 metros lineares, ou seja, 200 gramas.

Tabela 1. Gramas de adubo que devem ser coletadas em 20 metros lineares.

Dosagem. (kg/ha)	Espaçamento (em)											
	17	34	40	45	50	55	60	67	70	80	90	100
110	17	34	40	45	50	55	60	67	70	80		
150	26	51	60	68	75	83	90	101	105	120		
200	34	68	80	90	100	110	120	134	140	160		
250	43	85	100	113	125	138	160	168	175	200		
300	51	102	120	135	150	165	180	201	210	240		
350	60	119	140	158	175	193	210	235	245	280		
400	68	136	160	180	200	220	240	268	280	320		
450	77	153	180	203	225	248	270	302	315	360		
500	85	170	200	225	250	275	300	335	350	400		
550	94	187	220	248	275	303	330	369	385	440		
600	102	204	240	270	300	330	360	402	420	480		
650	111	221	260	293	325	358	390	436	455	520		
700	119	238	280	315	350	385	420	469	490	560		
750	128	255	300	338	375	413	450	503	525	600		
800	136	272	320	360	400	440	480	536	560	640		
850	145	289	340	383	425	468	510	570	595	680		
900	153	306	360	405	450	495	540	603	630	720		
950	162	323	380	428	475	523	570	637	665	760		
1000	170	340	400	450	500	550	600	670	700	800		

5.3. Regulagens de campo

As regulagens de campo estão relacionadas com a profundidade de deposição do fertilizante, e de sua posição em relação às sementes ou órgãos vegetativos depositados no solo pelas unidades semeadoras ou unidades plantadoras, respectivamente.

Quanto à profundidade de deposição, normalmente, essa regulagem é determinada com a pressão que se impõe no sulcador por meio de molas. Ou seja, quanto maior a pressão obtida pela alteração do curso da mola, maior a penetração. Nesse caso, todos os sulcadores devem ser regulados com a mesma pressão, para que operem a uma mesma profundidade. A única exceção é no caso de culturas com espaçamento entre linhas inferiores a 40 em, onde, inevitavelmente, algumas linhas irão coincidir com o rastro deixado pelo pneu do trator. Nesse caso, esses sulcadores devem ser regulados de forma a operarem com uma pressão superior aos demais, uma vez que a penetração nessa faixa de solo recém-compactada torna-se mais difícil.

Com relação à posição relativa entre sementes e adubos, as máquinas mais modernas possuem sulcadores individuais para os mesmos, não representando portanto nenhum risco de mistura entre ambos, por ocasião da implantação da cultura.

5.4. Manutenção

Os cuidados são os mesmos recomendados para aplicadoras de corretivos, descritos no item 4.3> .

6. Estimativa de desempenho de adubadoras e distribuidoras de corretivos em campo

6.1. Conceituação

A avaliação do desempenho de adubadoras e distribuidoras de corretivos no campo, bem como de qualquer máquina agrícola, envolve a utilização de três conceitos básicos, discutidos a seguir:

. Capacidade de campo teórica (Ct) - é o desempenho da máquina operando com 100% da largura nominal e 100% do tempo disponível no campo. Essa capacidade de campo é obtida pelo produto da largura nominal da máquina pela sua velocidade de deslocamento.

A largura nominal da adubadora em linhas é obtida multiplicando-se o número de linhas pelo espaçamento entre as mesmas. Para a distribuidora de corretivos a lanço, a largura nominal é atingida pela deposição do material distribuído transversalmente ao eixo de deslocamento da máquina. A obtenção dessa faixa será discutida no item 6.2 .

A título de exemplo, suponha-se que uma adubadora para distribuição de adubo em cobertura tenha 4 linhas espaçadas entre si a uma distância de 1,0 metro, e em operação se desloque a uma velocidade de 6,0 km/h.

A capacidade de campo teórica (Ct) será dada por:

$$Ct = L \times V$$

onde,

Ct = capacidade de campo teórica (ha/h)

L = largura nominal (m)

V = velocidade de deslocamento (m/h)

Assim, nesse caso:

$$Ct = 4,0 \text{ m} \times 6.000 \text{ m/h} = 24.000 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$= \mathbf{2,4 \text{ halh}}$$

Eficiência de campo (Ef) - a eficiência de campo de um conjunto mecanizado é a relação entre o tempo efetivamente utilizado pela máquina durante a operação, dividido pelo tempo total de campo, o qual inclui o tempo efetivo e os tempos perdidos em manobras, paradas para reabastecimento dos depósitos, paradas para manutenção, etc.

A eficiência de campo pode ser estimada na prática, através da cronometragem de todos os tempos citados anteriormente.

Na ausência de dados de eficiência de campo, pode-se utilizar uma estimativa para as operações de aplicação de fertilizantes e corretivos no intervalo de 60 a 75 %.

Capacidade de campo efetiva (Ce) - a capacidade de campo efetiva do conjunto mecanizado pode ser estimada pelo produto da capacidade de campo teórica e a eficiência de campo, já discutidas. No presente exemplo, considerando-se uma eficiência de 60 %, tem-se:

$$Ce = 2,4 \text{ ha/h} \times 0,6 = \mathbf{1,44 \text{ halh}}$$

A capacidade de campo efetiva pode também ser calculada através da divisão da área efetivamente trabalhada, pelo tempo total de campo de operação da máquina.

$$Ce = A \text{ (ha)}/T \text{ (h)}$$

De posse do valor da capacidade de campo efetiva para um conjunto, em uma determinada propriedade, a eficiência de campo nas condições de operação da mesma pode ser estimada por:

$$\text{Efic. de campo (\%)} = \frac{\text{Capac. efetiva de campo (ha/h)}}{\text{Capac. teórica de campo (ha/h)}} \times 100$$

A partir da obtenção dessa eficiência de campo, para essa condição, esse valor pode ser usado nas estimativas da capacidade efetiva de campo do conjunto nessa propriedade.

Supondo-se que a adubadora tomada como exemplo tenha distribuído fertilizante em uma área de **11** ha em 8 horas de trabalho de campo:

$$\text{Capac. de campo efetiva (Ce)} = \mathbf{11 \text{ (ha)}/8\text{(h)} = 1,37 \text{ ha/h}}$$

$$\text{Eficiência de campo} = (1,37 \text{ (ha/h)}/2,4 \text{ (ha/h)}) \times 100 = \mathbf{57 \text{ \%}}$$

6.2. Obtenção da largura útil da faixa de distribuidoras a lanço

A largura útil da faixa de distribuição é igual à distância entre o centro de duas passadas adjacentes da máquina como mostra a Figura 10.



Figura 10. Largura útil da faixa de distribuição (Fonte: folheto Jan).

Para determinar a faixa útil, deve-se proceder como segue:

- colocar recipientes padrões (latas vazias de óleo, ou bandejas padronizadas de dimensões conhecidas), espaçados a cada 50 cm, na faixa a ser distribuída em cada passada, colocando-se um recipiente sob o eixo de simetria do conjunto trator máquina, espaçando-se os demais a partir desse central. Deixar livres os espaços por onde passarão as rodas do trator e da máquina, se for o caso;
- passar com a máquina operando à velocidade, rotação e abertura recomendadas para a operação, 5 vezes no mesmo sentido;
- coletar o produto recolhido e pesar. Dividir por 5 e colocar em um gráfico as quantidades de produto a cada 50 cm marcando-se o centro da faixa;
- separar o gráfico em duas metades, colocando-se a metade à direita de frente para a metade à esquerda, de forma que as pontas dessas metades se toquem;
- mover a metade da direita sobre a esquerda - um recipiente de cada vez - e calcular o coeficiente de variação das quantidades entre os dois centros das faixas, até que o coeficiente de variação seja o menor possível na faixa, ao redor de 30%;

- f. anotar quantos recipientes, ou calhas, estão na faixa que resulta no coeficiente de variação citado no item e. O número de recipientes multiplicado por 50 cm, resulta na largura da faixa útil, que deverá ser igual à distância entre o centro de duas passadas consecutivas da máquina.

O coeficiente de variação (CV) é dado por:

$$CV = \frac{s}{m}$$

onde,

s = desvio padrão

m = média dos pesos coletados

O desvio padrão é dado por:

$$s = \frac{\sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{N}}}{N - 1}$$

onde,

x = cada leitura

Σx = soma das leituras

Σx² = soma do quadrado de cada leitura

N = número de leituras

Como exemplo, segundo os dados apresentados na Tabela 2 que determinam a largura nominal de distribuição, calcular a faixa útil, ou seja, a distância entre centro a centro de passadas adjacentes da máquina.

Os dados de distribuição de peso do material coletado colocados em um gráfico estão contidos na Figura 11. Como se pode observar, a faixa produzida em uma passada é bastante desuniforme, produzindo um coeficiente de variação de 86%.

A mesma faixa é mostrada na Figura 12, com a sua metade à direita colocada em frente à da esquerda, de forma que as pontas das faixas se toquem. O coeficiente de variação dessa faixa é o mesmo, uma vez que não há sobreposição entre as metades.

Na Figura 13, as 5 calhas foram sobrepostas obtendo-se um coeficiente de variação de 65%, ainda muito alto para se considerar a faixa obtida como uniforme.

Tabela 2. Pesos de produto coletados ao longo da faixa.

Distância (m)	Peso coletado (g)	Distância (m)	Peso coletado (g)
0,5	2,15	7,0	49,15
1,0	22,57	7,5	30,17
1,5	3,66	8,0	30,39
2,0	5,76	8,5	30,39
2,5	7,25	9,0	30,86
3,0	9,56	9,5	23,91
3,5	11,40	10,0	13,62
4,0	14,19	10,5	9,26
4,5	15,7	11,0	7,44
5,0	23,18	11,5	5,25
5,5	41,94	12,0	5,32
6,0	52,61	12,5	2,33
6,5	49,15	13,0	2,22



Figura 11. Faixa de deposição simples.

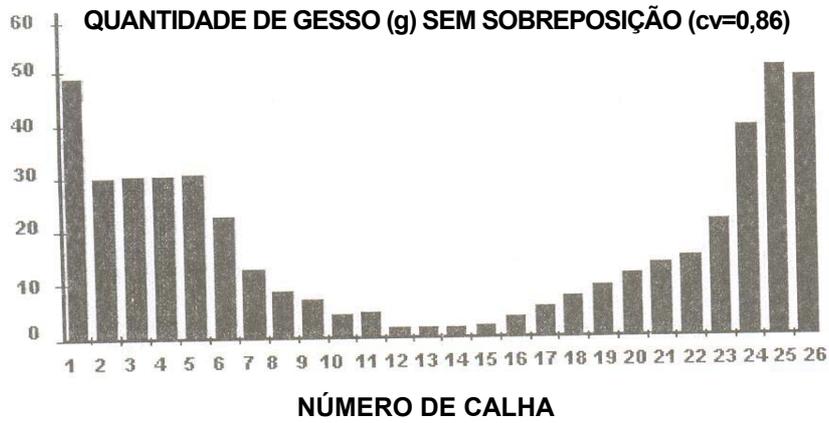


Figura 12. Faixa de deposição entre passadas, sem sobreposição.



Figura 13. Faixa de deposição com 5 calhas sobrepostas.

QUANTIDADE DE GESSO (g) COM SOBREPOSIÇÃO DE 11 CALHAS (CV=0,36)



Figura 14. Faixa de deposição com 11 calhas sobrepostas.

A Figura 14 apresenta a sobreposição de 11 calhas resultando em um coeficiente de variação de 36 %, que é o menor que se poderia obter através da sobreposição das duas metades da faixa.

Como cada calha está localizada a espaços de 50 cm uma da outra, e 15 calhas ficaram contidas entre os centros das faixas que seriam adjacentes, a faixa útil obtida nesse caso é de 7,5 metros, a qual deve ser também a distância entre o centro de duas passadas consecutivas da máquina distribuidora. Essa faixa útil pode ser agora utilizada no cálculo do desempenho operacional do conjunto mencionado no item 6.1.

6.3. Dimensionamento de conjuntos

Desejando-se aplicar fertilizante em uma área de 600 ha, em 20 dias úteis (já descontados dias de chuva, feriados e etc.) quantos conjuntos semelhantes ao utilizado no item 6.1 serão necessários, admitindo-se que cada conjunto deverá operar 8 horas por dia?

. Tempo total disponível = 20 dias x 8 h/dia = **160 h**

. Capote efetiva dos conjuntos = 600 ha/160 h = **3,75 halh**

. Número de conjuntos = 3,75 ha/h / 1,37 ha/h = **2,7 conjuntos**, que na prática são 3 conjuntos.



Figura 16. Veículo amostrador de solos equipado com DGPS.

7.2. Aplicação Localizada de Insumos

Com o diagnóstico correto das causas de baixa produtividade em algumas regiões do talhão, se poderá tomar as providências para corrigi-la. A decisão sobre a melhor alternativa para gerenciamento localizado da cultura poderá ser grandemente auxiliada pela utilização de softwares específicos de Sistemas de Informações Geográficas - GIS, desenvolvidos para agricultura, os quais fornecerão como produto final uma mapa de aplicação localizada de insumos, o qual poderá ser lido através de equipamentos desenvolvidos para essa finalidade, e que poderão se regular automaticamente para aplicar apenas a quantidade requerida naquele local. É por isso que o sistema DGPS utilizado tem que ter uma acurácia submétrica, para permitir que a aplicação seja feita exatamente no local e na quantidade requerida para se utilizar o seu máximo potencial de produtividade. Alguns desses equipamentos desenvolvidos no exterior tem inclusive a capacidade de gerar a mistura de fertilizantes exatamente no local da aplicação, para o que possui diversos depósitos de fertilizantes para fornecer os elementos necessários para a mistura. Alguns desses equipamentos tem sido utilizados por empresas prestadoras de serviços, que vendem o fertilizante ou corretivo já aplicado.

Para se entender o conceito da aplicação localizada de insumos pode-se utilizar a Figura abaixo, adaptada de GORING (1992).

Na Figura 17, a curva superior se refere a um solo de alta fertilidade, e a curva inferior a um solo de baixa fertilidade. Em ambos os solos, as curvas apresentam o formato característico de rendimentos decrescentes. A linha vertical representa uma razão constante de aplicação. Na curva para o solo L, esta razão está próxima ao limite superior, a partir do qual o solo

apresentará toxicidade. Todavia, para o solo H, a curva ainda está em seu ramo ascendente. Se o agricultor mudar de uma razão constante de aplicação para uma aplicação localizada (ALI), a razão de aplicação pode diminuir de ΔF no solo L, resultando em uma perda de rendimento da cultura Yl naquele solo. Se o mesmo incremento na razão de aplicação for utilizada no solo H, o rendimento terá um acréscimo Yh . Como a perda Yl é menor que o ganho Yh , a utilização do conceito de aplicação localizada (ALI) resultará em um ganho líquido para cada incremento de fertilizante desviado do solo de baixa para o de alta produtividade.

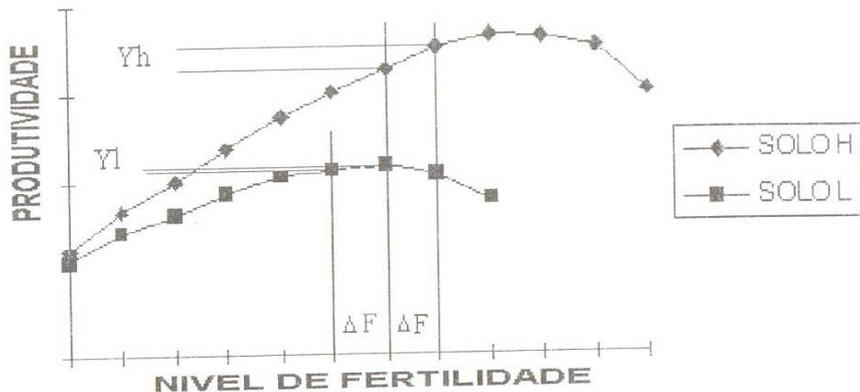


Figura 17. Conceito da aplicação localizada de insumos.

(Adaptado de Goering (1992))

Desta forma o objetivo final da aplicação localizada de insumos, é colocar sementes, fertilizantes e outros insumos a razões variáveis em cada campo, mais adequadas para a produtividade do solo em cada ponto do mesmo.

Pode-se concluir do exposto acima, que um dos benefícios econômicos da utilização dos conceitos da Agricultura de Precisão, que é a redução do custo do produto final, pode ser obtido de duas formas principais:

- . retirando-se os insumos de pontos de baixo potencial de produção para outros com maior potencial, e desta forma aumentando-se a produtividade da área considerada, sem aumento da quantidade de insumos.

- . reduzindo-se a quantidade de insumos de pontos de baixo potencial, e transferindo-se parte desta redução para os pontos de alto potencial, resultando em uma redução da quantidade total de insumos, sem alterar a produtividade da área considerada. ou seja, com uma quantidade menor de insumo. se terá a mesma quantidade de produto colhido.

7.3. Aplicação a Razões Variáveis de Insumos

Para se fazer uso do conceito da aplicação localizada de insumos a razões variáveis, há necessidade de se produzir mapas de prescrição dos insumos em função d'Os-dados já obtidos nas duas fases anteriores da Agricultura de Precisão, que são o mapeamento da fertilidade do solo, e o mapeamento da produtividade da cultura. Com o mapa de prescrição e o equipamento adequado, será possível fazer a aplicação localizada de insumos, nas quantidades exatas e necessárias em cada ponto do talhão, utilizando-se o potencial máximo de produtividade do mesmo.

7.4. Equipamento Necessários

Existem equipamentos importados para a aplicação de fertilizantes e corretivos. No caso de fertilizantes, alguns são capazes de efetuar a mistura dos fertilizantes em tempo real, a partir de um mapa de prescrição gravado na memória do computador de bordo.

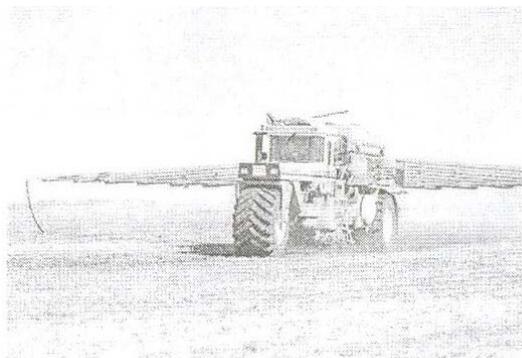


Figura 18. Equipamento para aplicação localizada de insumos.
(Fonte: AgChem)

Para a aplicação localizada de corretivos, como por exemplo o calcário, um dos equipamentos é aquele representado na Figura 18.

É possível se fazer aplicações localizadas de insumos através da construção de equipamentos alternativos e neste caso, incluem um DGPS, um notebook adequado para as condições severas de operação no campo, um arquivo de controle gerado a partir do mapa de prescrição, uma interface de comunicação entre o notebook e o controlador, e os atuadores que irão acionar os dosadores de insumos. No caso de produtos sólidos, esses dosadores podem ser acionados por motores hidráulicos como no sistema utilizado por Balastreire(2000).

Para a aplicação localizada de insumos, como por exemplo o calcário, há necessidade de se fazer um mapeamento do pH do solo, através da amostragem do solo e a análise em laboratório das amostras obtidas. Processando-se os resultados obtidos com um mograma de Sistemas de Informações Geográficas-SIG pode-se obter um mapa da distribuição do pH no solo como mostra a Figura 19.

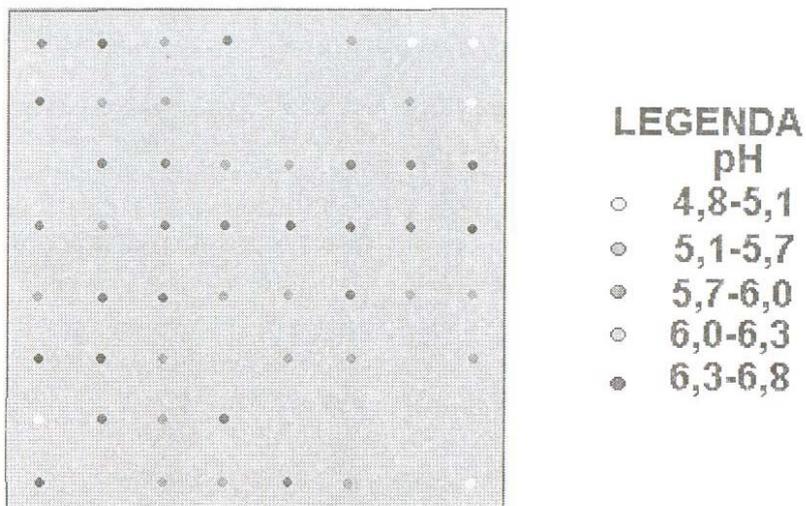


Figura 19. Pontos e valores de pH para o talhão amostrado.

Utilizando-se este mapa e o mesmo SIG já referido pode-se obter um mapa da superfície de distribuição do pH, utilizando-se o conceito de interpolação por krigagem, como mostra a Figura 20.

A partir deste mapa e novamente através do SIG, utilizando-se a equação mais apropriada para o cálculo da quantidade de calcário em função do pH e CEC, obtêm-se um mapa de recomendação de calcário como mostra a Figura 21.

Este mapa de prescrição é utilizado pelo SIG para gerar um arquivo que será utilizado pelo controlador do equipamento para aplicação localizada, para gerenciar a aplicação de calcário, de forma que cada local do talhão receba exatamente a dosagem de calcário que tinha sido calculada a partir do pH e CEC do solo.

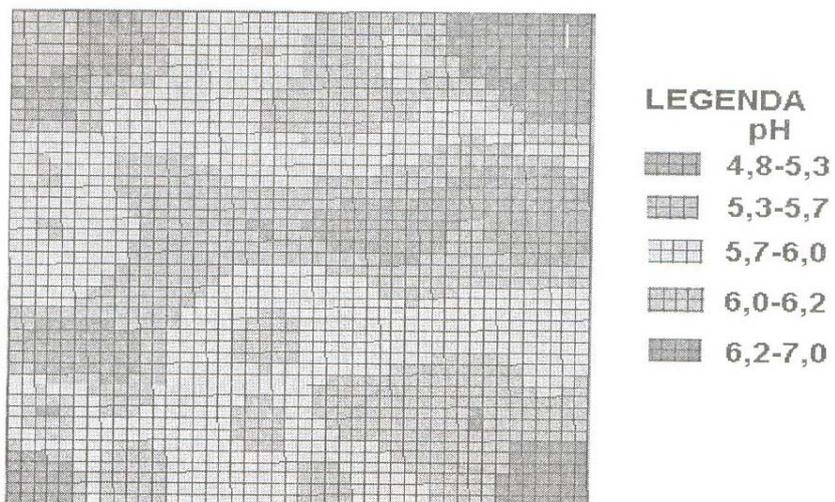


Figura 20. Mapa representando uma superfície com o pH do solo.

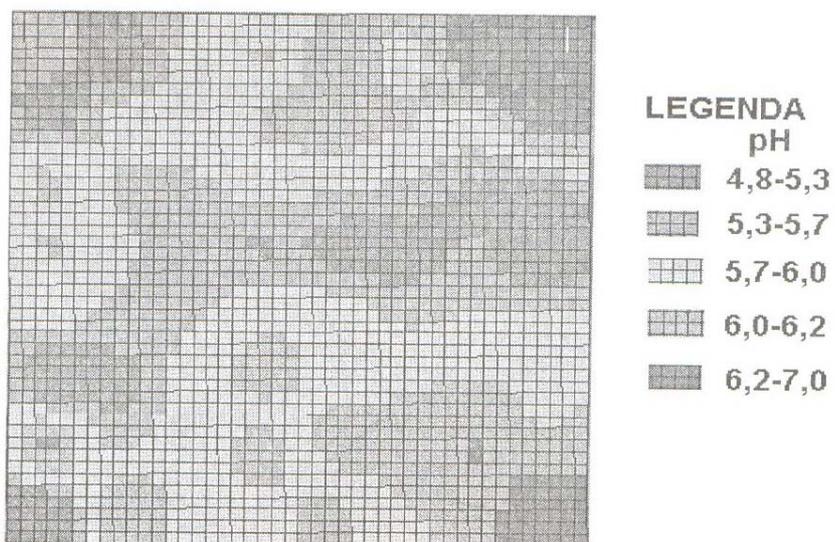


Figura 21. Mapa de recomendação da quantidade de calcário.

8. Identificação de problemas na aplicação

8.1. Em aplicadoras de corretivos

Problema	Provável causa	Solução
Reservatório possui corretivo mas esse não flui	Formação de túnel no reservatório (corretivo úmido)	Trocar o corretivo e verificar o Agitador
Deposição não é uniforme	Espaçamento excessivo entre passadas	Diminuir espaçamento
Idem.	Vento muito forte	Esperar diminuir O vento
Dosagem maior que a recomendada	Mecanismo dosador Velocidade baixa	Diminuir a vazão ou aumentar a Velocidade
Dosagem menor que a recomendada	Mecanismo dosador Velocidade alta	Aumentar a vazão ou diminuir a velocidade
Dosagem desajustada não é atingida	Mecanismo dosador	Contatar o fabricante para auxílio
Faixa de deposição muito estreita	Mecanismo distribuidor ou granulometria inadequada	Usar a rotação e a granulometria recomendadas pelo fabricante

8.2. Em distribuidoras de fertilizantes

Problema	Provável causa	Solução
Reservatório tem fertilizante mas esse não flui	Mangueira de borracha dobrada	Endireitar a mangueira e se necessário reduzi-la
Idem	Pino de segurança do rotor quebrado	Substituir o pino de segurança do rotor
Idem	Formação de túnel no reservatório (adubo úmido)	Trocar o adubo e verificar o agitador
Dosagem do adubo menor que a recomendada	Mecanismo dosador	Aumentar a vazão ou alterar a relação de transmissão
Dosagem do adubo maior que a recomendada	Mecanismo dosador	Diminuir a vazão ou alterar a relação de transmissão
Dosagem desejada não é atingida	Mecanismo dosador	Contatar o fabricante para auxílio
Adubo cai junto com as sementes	Espaçamento entre os sulcadores	Aumentar a distância entre os sulcadores de adubos e de sementes
Adubo cai acima ou na mesma profundidade da semente	Sulcador de adubo	Aumentar a profundidade do sulcador de adubo
Quantidade de Adubo varia de uma linha para outra	Mecanismos dosadores com regulagens diferentes	Regular todos os dosadores da mesma forma

9. Normas de segurança para utilização de tratores e máquinas agrícolas

- . Nunca execute regulagens ou manutenção de máquinas com o trator funcionando em ambientes fechados, pois os gases emitidos pelo escapamento são tóxicos.
- . Esteja sempre calçado, de preferência com botas de couro ao operar tratores.
- . Subir e descer do trator utilizando os estribos.
- . Antes de colocar o motor em funcionamento, acomode-se devidamente no assento do operador e certifique-se de que as alavancas de mudança de marcha, de reduzida, da TDP e do sistema de levante hidráulico estejam na posição neutra.
- . Ao manobrar o trator para acoplamento de máquinas ou implementos, certifique-se de que há espaço suficiente e que ninguém encontra-se na área a ser utilizada. Execute as manobras em marcha lenta, com o máximo de atenção.
- . Utilizando-se equipamentos montados no engate de três pontos do sistema de levantamento hidráulico do trator, acoplar inicialmente o braço inferior esquerdo, a seguir o braço do terceiro ponto, e finalmente o braço inferior direito, pois, caso necessário, o mesmo possui uma manivela para pequenos ajustes de altura.
- . Ao desacoplar máquinas e implementos faça-o em local plano, de preferência pavimentado, e depois de desacoplado, calce a máquina ou implemento para evitar acidentes.
- . Ao acoplar uma máquina à TDP, desligue o motor, e confira o alinhamento do cardan de forma que os dois garfos internos permaneçam num mesmo plano.
- . Nunca dê carona no trator, e muito menos na máquina ou implemento que estiver acoplado a ele.
- . Sempre que tiver que tracionar algo, faça-o por meio da barra de tração, e nunca pelos braços inferiores, ou superior, do sistema hidráulico.
- . Ao tracionar carretas, nunca leve uma carga que tenha o peso superior ao do trator. Além disso, a barra de tração nesse caso deve permanecer travada.
- . Não coloque ponto morto em declives, e sempre utilize para descer, a mesma marcha que você utilizaria para subir.

. Nunca faça qualquer tipo de regulagens em máquinas que estejam em funcionamento, nem se aproxime de correias, correntes, engrenagens ou da própria TDP, quando em rotação.

. Não dirija próximo a barrancos ou em declives muito acentuados.

. Não permita que pessoas sem o devido treinamento operem tratores, mesmo que não estejam realizando operação agrícola.

. Em percursos de deslocamento, sempre utilize os freios solidários, ou seja, os freios esquerdo e direito devem permanecer travados para acionamento simultâneo.

. Em trabalho agrícola, os freios devem permanecer desvinculados, ou independentes.

. Mantenha sempre o trator em boas condições de manutenção, pois é por meio dele que o agricultor consegue obter êxito em seu trabalho.

10. Bibliografia consultada

- AGRIANUAL 2000. Anuário da Agricultura Brasileira FNP, São Paulo, 546p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS ASA E Standard: ASAE 5322 Uniform Terminology for Agricultural Management, 1983-84 Yearbook of Standards, p.194, SLJoseph, Michigan, EUA, 1983.
- BALASTREIRE, L.A. Máquinas Agrícolas, São Paulo, Editora Manole, 1987,307p.
- BALASTREIRE, L. A. Agricultura de Precisão. L.A. Balastreire, Piracicaba, SP, Capo 1,2 e 3. 70p. 1999.
- BALASTREIRE, L.A. Avaliação do Estado-da-Arte da AGRICULTURA DE PRECISÃO no Brasil, L.A. Balastreire, 220p. 2000.
- CERQUEIRA LUZ, P.H. & TOURINO, C. Ensaio-demonstração da determinação de faixa de deposição de corretivo no solo. In: Simpósio sobre aplicação de calcário na agricultura, Campinas, FUNDAÇÃO CARGILL, 1986.
- CERQUEIRA LUZ, P.H. Máquinas para aplicação de calcário, Rio Claro, EMBRACAL, Bol. Técnico 01,1989, 51p.
- COELHO, J.L.D.; MOLIN, J.P. & GADANHA JR., C.D. Avaliação do desempenho operacional de mecanismos dosadores-distribuidores na aplicação do fosfogesso. In: 11 Seminário sobre o uso do gesso na agricultura, Anais, Uberaba, IBRAFOS, 1992, p.83-103.
- DALLMEYER, A.U. Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição centrífuga de calcário seco. Santa Maria, UFSM, 1985, 103p., Dissertação de Mestrado.
- DALLMEYER, A.U. As máquinas utilizadas na distribuição e incorporação de calcário. In: Simpósio sobre aplicação de calcário na agricultura, Campinas, FUNDAÇÃO CARGILL, 1986.
- DELAFOSSÉ, R.M. e BOGLIANI, M.P. Fertilizadoras centrífugas, la importancia de una correcta elección, uso y mantenimiento. Santiago, Chile, Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, 1989,3?p.
- GADANHA JR., C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; YAHN, C.H.; TOMIMORI, S.M.A.W. Máquinas e Implementos Agrícolas do Brasil, São Paulo, NSI-MA/IPT/CIENTE(CIENTEC, 1991, 468p.

- GOERING, C.E. How much and where. Agricultural Engineering, St. Joseph, p.13-15, July 1992.
- HANSEN, C.M. Drills for fertilizer application. In: First International Conference on Mechanization of Field Experiments, Vollbekk, Norway, International Association of Field Experiments, 1964.
- KURACHI, S.A.H et al. Código de avaliação de semeadoras e/ou adubadoras, Campinas, IAC, Série Documentos, 1986, 138p.
- LOPES, A.S. Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo, Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983, 162p.
- MALAVOLTA, E. Glossário de utilização de fertilizantes, São Paulo, ANDA, 1978, 26p.
- MIALHE, L.G. Características das máquinas distribuidoras de calcário de fabricação nacional, In: Simpósio sobre aplicação de calcário na agricultura, Campinas, FUNDAÇÃO CARGILL, 1986.
- MOLIN, J.P. Aplicadores de calcário' Apostila mimeogr., 1991,. Piracicaba, ESALQ,
- PAULINELLI, M.T.; OLIVEIRA, P.M. de; SANTOS, P.R.R Sá; LEANDRO, V.de P.; MORAES, W.V. Aplicação direta do fosfogesso. In: I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986.
- RAIJ, B. Van & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira, Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984.
- RAIJ, B. Van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, ANDA, 1988, 88p.

Composição, Impressão e Acabamento: Editora Gráfica Nagy Ltda.