

BOLETIM TÉCNICO N° 6

CORRETIVOS DA ACIDEZ DOS SOLOS

CARACTERÍSTICAS E INTERPRETAÇÕES TÉCNICAS

CORRETIVOS DA ACIDEZ DOS SOLOS

CARACTERÍSTICAS E INTERPRETAÇÕES TÉCNICAS

J.C. ALCARDE

Novembro de 2005

ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS

SÃO PAULO

Alcarde, J.C.

Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas por J.C. Alcarde.
São Paulo, ANDA, 2005

24p. (ANDA, Boletim Técnico, 6)

1. Solo – Acidez – Corretivos. I. Alcarde, J.C. II. Associação Nacional para Difusão de Adubos. III. Título. IV. Série.

CDU 631.415

APRESENTAÇÃO

Poucas práticas agrícolas dão retornos tão elevados como a calagem no que diz respeito ao aumento da produtividade e, conseqüentemente, da produção, das mais diferentes culturas.

Entretanto, para que os objetivos da calagem sejam atingidos em sua plenitude, é necessário que o técnico que orienta o agricultor se familiarize com os conceitos modernos sobre corretivos da acidez dos solos, a classificação de acordo com a legislação brasileira, as características dos corretivos quanto à natureza química dos constituintes, o poder de neutralização (PN), os teores de cálcio e de magnésio, a solubilidade, a granulometria, a reatividade, o efeito residual e o poder relativo de neutralização total (PRNT).

Esses aspectos são enfocados neste Boletim nº 6, “Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas”, de autoria do Engº Agrº José Carlos Alcarde, Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ-USP, Piracicaba, SP, e Coordenador do Comitê de Controle de Qualidade da ANDA.

A maneira simples e objetiva com que o autor trata o assunto leva à certeza de que a utilização dessas informações irá contribuir para atingir maior eficiência com a prática da calagem e, também, para aumentar a produtividade da agropecuária brasileira.

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos

São Paulo, novembro de 2005

SUMÁRIO

	Página
I. Introdução	6
II. Conceito.....	7
III. Classificação	8
IV. Características	12
IV.1. Natureza química dos constituintes.....	12
IV.2. Poder de Neutralização (PN).....	12
IV.3. Teores de cálcio e magnésio.....	13
IV.4. Solubilidade.....	14
IV.5. Granulometria.....	14
IV.6. Reatividade e efeito residual	14
IV.7. Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).....	17
V. Controle da qualidade	19
V.1. Pela indústria.....	19
V.2. Pelo poder público.....	19
V.3. Pelo consumidor.....	19
VI. Considerações finais	20
VII. Literatura citada	20

CORRETIVOS DA ACIDEZ DOS SOLOS:

CARACTERÍSTICAS E INTERPRETAÇÕES TÉCNICAS

J.C. ALCARDE*

I. INTRODUÇÃO

O sucesso da prática da calagem depende fundamentalmente de três fatores: da dosagem adequada, do produto - ou melhor, das características do corretivo utilizado – e da aplicação correta.

A dosagem adequada é estabelecida com base na análise de solo, sobre a qual se aplica um critério técnico de recomendação da dose.

Quanto ao produto, atualmente dispõe-se de diversos tipos de corretivos de acidez com características e efeitos diferentes; é necessário conhecê-los para se proceder à escolha do produto mais conveniente a cada situação agrícola.

Finalmente, esses cuidados referidos, isto é, dosagem adequada e corretivo mais conveniente, podem ser total ou parcialmente comprometidos por uma aplicação mal feita, o que, a bem da verdade, tem sido bastante comum. E por aplicação bem feita de corretivos entende-se distribuição e incorporação do produto ao solo bem executadas.

No presente boletim pretende-se apresentar os diferentes tipos de corretivos da acidez dos solos com suas respectivas características e discutir as interpretações técnicas pertinentes.

* Engenheiro Agrônomo, Professor Titular aposentado do Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP. Consultor – e-mail: jcalcard@esalq.usp.br

II. CONCEITO

Corretivos da acidez dos solos são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda carrear nutrientes vegetais ao solo, principalmente cálcio e magnésio (Alcarde, 1992).

A acidez de um solo é devida à presença de H^+ livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo (ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados, etc.). A neutralização da acidez consiste em neutralizar os H^+ , o que é feito pelo ânion OH^- . Portanto, os corretivos de acidez devem ter componentes básicos para gerar OH^- e promover a neutralização (Figura 1).

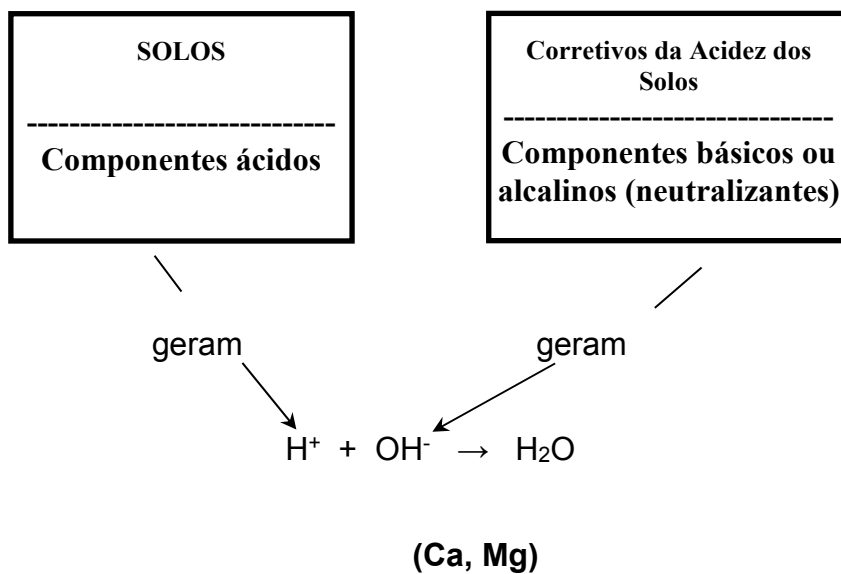


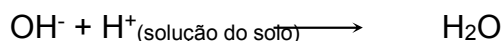
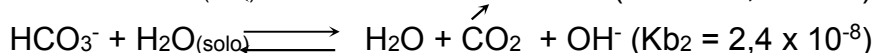
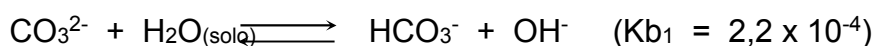
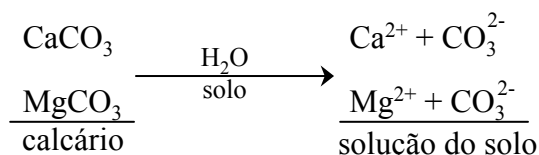
Figura 1. Representação do conceito de corretivo da acidez dos solos

III. CLASSIFICAÇÃO

Os corretivos de acidez são classificados em (Boyton, 1966; Alcarde, 1983 e 1986; Tisdale et al., 1985; Brasil, 2004-c):

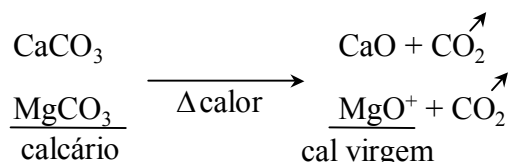
a) Calcário: produto obtido pela moagem da rocha calcária. Seus constituintes são o carbonato de cálcio - CaCO_3 e o carbonato de magnésio - MgCO_3 . Em função do teor de MgCO_3 , os calcários são classificados em : calcíticos, com teor de MgCO_3 inferior a 10%; magnesianos, com teor mediano de MgCO_3 entre 10% e 25%; e dolomíticos, com teor de MgCO_3 acima de 25%. Em função da natureza geológica, os calcários são também classificados em sedimentares e metamórficos. Os primeiros são mais friáveis ou “moles” e os últimos são mais “duros”, porém, quando bem moídos apresentam comportamento agrônômico semelhante.

Ação neutralizante:

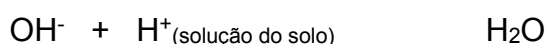
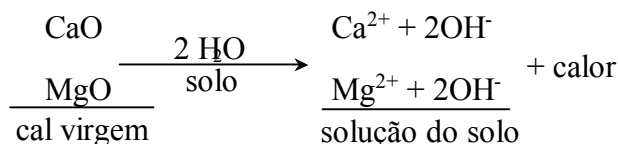


Essas equações mostram que no solo o calcário libera Ca^{2+} , Mg^{2+} e CO_3^{2-} ; a base química, isto é, o componente que proporciona a formação de OH^- é o CO_3^{2-} (e posteriormente o HCO_3^-); o valor da constante de ionização (Kb_1) mostra que o CO_3^{2-} é uma base fraca, isto é, a reação de formação de OH^- é relativamente lenta e parcial; e o OH^- produzido neutralizará o H^+ da solução, responsável pela sua acidez.

b) Cal virgem agrícola: produto obtido industrialmente pela calcinação ou queima completa do calcário. Seus constituintes são o óxido de cálcio - CaO e o óxido de magnésio - MgO , e se apresenta como pó fino.

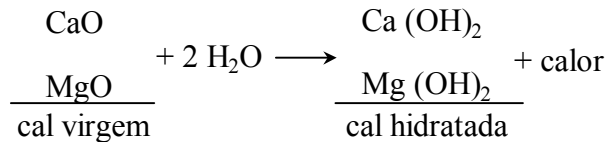


Ação neutralizante:

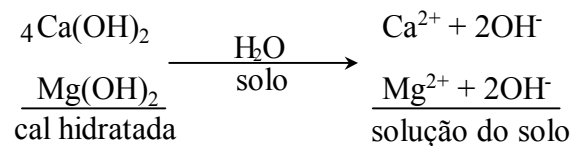


Essas equações mostram que no solo a cal virgem libera Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- e calor; a liberação de OH^- é imediata e total, o que confere à cal virgem o caráter de base forte; e o OH^- produzido neutralizará o H^+ da solução do solo, responsável pela sua acidez.

c) **Cal hidratada agrícola ou cal extinta:** produto obtido industrialmente pela hidratação da cal virgem. Seus constituintes são o hidróxido de cálcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e o hidróxido de magnésio - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e também se apresenta na forma de pó fino.



Ação neutralizante:



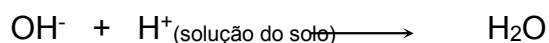
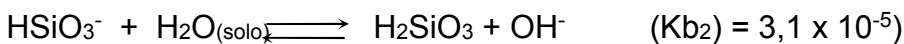
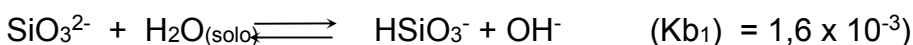
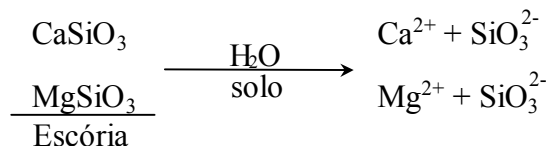
Essas equações mostram que a ação neutralizante da cal hidratada é muito semelhante à da cal virgem: a cal virgem “se hidrata” no solo utilizando água nele contida, enquanto a cal hidratada é hidratada industrialmente.

d) **Calcário calcinado:** produto obtido industrialmente pela calcinação parcial do calcário. Seus constituintes são CaCO_3 e MgCO_3 não decompostos do calcário, CaO e MgO e também $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e $\text{Mg}(\text{OH})_2$ resultantes da hidratação dos óxidos pela umidade do ar. Apresenta-se na forma de pó fino.

Sua ação neutralizante é devida à base forte OH^- e a base fraca CO_3^{2-} .

e) **Escória básica de siderurgia (Wutke & Gargantini, 1962):** subproduto da indústria do ferro e do aço. Seus constituintes são o silicato de cálcio - CaSiO_3 e o silicato de magnésio - MgSiO_3 .

Ação neutralizante:



Essas equações mostram que a ação neutralizante da escória é muito semelhante à do

calcário: neste caso, a base química é o SiO_3^{2-} que também é fraca ($K_{b1} = 1,6 \times 10^{-3}$), mas é mais forte que a base CO_3^{2-} ($K_{b1} = 2,2 \times 10^{-4}$).

f) Carbonato de cálcio: produto obtido pela moagem de margas (depósitos terrestres de carbonato de cálcio), corais e sambaquis (depósitos marinhos de carbonato de cálcio, também denominados de calcários marinhos). Sua ação neutralizante é semelhante à do carbonato de cálcio dos calcários.

Os diferentes corretivos de acidez e suas ações neutralizantes podem ser representados, resumidamente, pela Figura 2.

Observações:

- conforme foi mostrado, uma base é considerada forte ou fraca pela intensidade com que coloca o OH^- no meio: uma base forte coloca, de imediato, todos os seus OH^- no meio, enquanto uma base fraca, devido o equilíbrio químico, coloca mais lentamente e em pequenas quantidades;
- pela ação neutralizante dos corretivos de acidez, fica claro que o cálcio e o magnésio não são neutralizantes; são nutrientes vegetais. As bases químicas efetivas são CO_3^{2-} , OH^- e SiO_3^{2-} . Isso significa que carbonatos, hidróxidos e silicatos solúveis corrigem a acidez, como BaCO_3 , $\text{Li}(\text{OH})$, Na_2SiO_3 , mas não são corretivos da acidez “dos solos”. Devido à existência, em abundância, de materiais que associam essas bases químicas aos nutrientes cálcio e magnésio, estes são os indicados para corrigir a acidez “dos solos”, ou seja, são os corretivos da acidez “dos solos”;
- o gesso - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - não é corretivo de acidez; isto porque embora o SO_4^{2-} seja uma base química, sua força é extremamente pequena conforme mostra o diminuto valor de sua constante ($K_b = 8,3 \times 10^{-13}$): essa força é quase nula, de nenhuma efetividade prática.

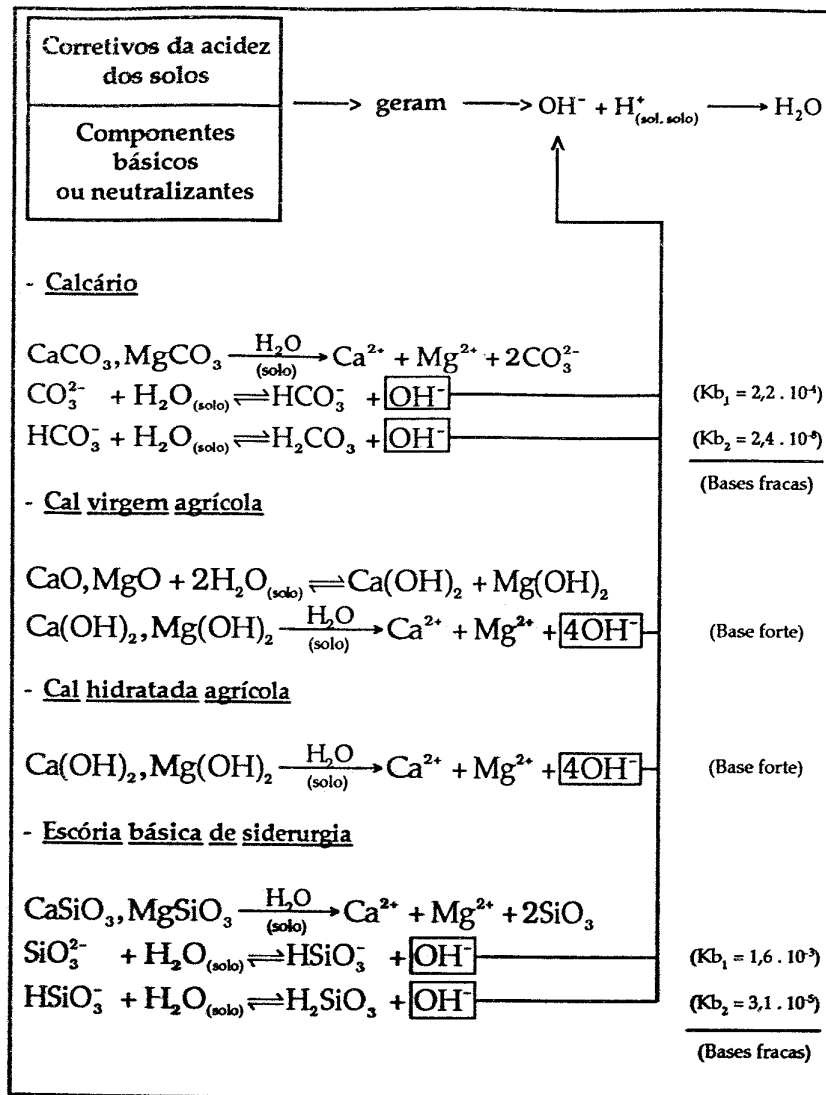
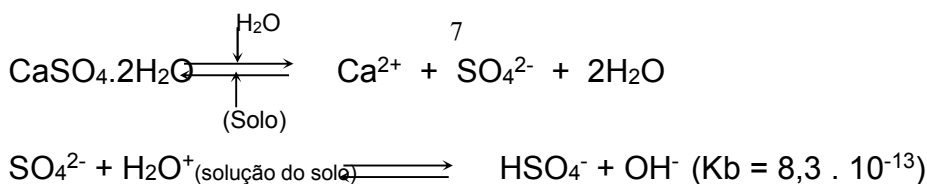


Figura 2. Representação da ação neutralizante dos diferentes corretivos da acidez dos solos.



Assim, o SO₄²⁻ permanece na solução do solo. E sendo um ânion, pode ser lixiviado, carregando consigo cargas positivas (cátions), para manter a eletroneutralidade do meio. Com isso, a lixiviação de SO₄²⁻ enriquece de nutrientes catiônicos as camadas sub-superficiais, além de diminuir a saturação de alumínio porventura presente, minimizando sua ação maléfica principalmente sobre o desenvolvimento das raízes. Por outro lado, o excesso de SO₄²⁻ pode intensificar o carregamento de cátions inclusive para camadas mais profundas do solo (Raij & Quaggio; 1984; Raij, 1988; Alcarde, 1988);

- há no mercado o produto conhecido como calcário “filler”: é um calcário que se caracteriza por apresentar granulometria fina.

IV. CARACTERÍSTICAS

IV.1. Natureza química dos constituintes

Conforme visto, os corretivos de acidez diferem entre si pela natureza química de seus constituintes. e, de acordo com essa natureza, os constituintes podem ser ou originar bases fracas, como os carbonatos e silicatos, de ação mais lenta, ou base forte como o hidróxido, de ação mais rápida e enérgica.

Por isso, os corretivos devem ser comercializados com a sua correta denominação, o que é exigido pela legislação brasileira, a fim de que o consumidor, conhecendo-os, saiba como utilizá-los corretamente.

IV.2. Poder de neutralização (PN)

O poder de neutralização de um corretivo de acidez é determinado analiticamente, fazendo-se uma amostra do mesmo reagir com uma quantidade conhecida e em excesso de ácido clorídrico relativamente diluído (0,5N) e a quente (Brasil, 1983; Koche et al., 1989). Dessa forma, é dada oportunidade ao corretivo de exercer toda a sua capacidade de neutralizar o ácido. Posteriormente, determina-se o excesso de ácido e, por diferença, calcula-se a quantidade de ácido neutralizada pelo corretivo. De acordo com o princípio da equivalência química, a quantidade de ácido neutralizada equivale à quantidade de constituinte neutralizante contido na amostra. Ainda pelo princípio da equivalência, seja qual for o constituinte da amostra, considera-se como sendo o CaCO_3 , que é tomado como padrão. Assim, calcula-se a quantidade de CaCO_3 que deveria existir na amostra e o resultado é expresso em “porcentagem equivalente em carbonato de cálcio” ($\%E_{\text{CaCO}_3}$). O procedimento está esquematizado na Figura 9.

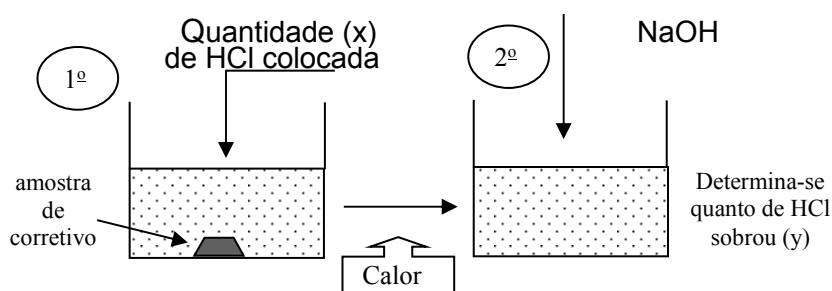


Figura 3. Representação da determinação do poder de neutralização

O PN indica, portanto, a capacidade potencial ou teórica do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. O PN de um corretivo depende não só do teor de neutralizantes presentes mas também a natureza química do neutralizante. Cada espécie neutralizante tem uma determinada capacidade de neutralização, conforme mostra o Quadro 9, onde as capacidades estão expressas em relação à capacidade do CaCO_3 , tomado como padrão.

Quadro 1. Capacidade de neutralização das diferentes espécies neutralizantes, em relação ao CaCO_3

Espécies Neutralizantes	Capacidade de neutralização relativa ao CaCO₃(E_{CaCO₃})
CaCO ₃	1,00
MgCO ₃	1,19
Cão	1,79
MgO	2,48
Ca(OH) ₂	1,35
Mg(OH) ₂	1,72
CaSiO ₃	0,86
MgSiO ₃	1,00

Assim, 100 kg de MgCO₃ tem uma ação equivalente a 119 kg de CaCO₃; 100 kg de CaO tem uma ação equivalente a 179 kg de CaCO₃; 100 kg de MgO tem uma ação equivalente a 248 kg de CaCO₃; e 100 kg de CaSiO₃ tem uma ação equivalente a 86 kg de CaCO₃. Isso justifica porque o PN de certos corretivos é superior a 100% E_{CaCO₃}.

Deve-se notar que a determinação do PN indica apenas que o produto é alcalino ou básico, e a partir daí apenas supõe-se que o seu constituinte seja o CaCO₃. Portanto, não possibilita caracterizar a natureza química do neutralizante, isto é, se é carbonato, óxido, hidróxido ou silicato, assim como também não possibilita caracterizar se o produto é corretivo de acidez dos solos, isto é, se a base está associada ao cálcio ou ao magnésio.

10

IV.3. Teores de cálcio e de magnésio

A identificação de um produto como corretivo de acidez dos solos é feita determinando-se os teores de cálcio e de magnésio. A ausência ou teores muito baixos desses elementos indicam que o produto não é corretivo de acidez dos solos.

Essa determinação fornece os teores desses constituintes na forma elementar, isto é, Ca e Mg; mas são expressos, por convenção, como CaO e MgO em todos os corretivos. Esses teores e os índices de capacidade de neutralização relativa ao CaCO₃ desses óxidos (Quadro 9) possibilitam obter o % E_{CaCO₃} calculado ou teórico do produto, através da expressão:

$$\% E_{CaCO_3} \text{ calculado} = \% CaO \times 1,79 + \% MgO \times 2,48$$

Comparando-se o E_{CaCO₃} calculado com o determinado (PN), conforme apresentado no Quadro 10, tem-se produtos em que os resultados são semelhantes, enquanto em outros o resultado do PN é bastante inferior ao do calculado. Isso é justificado pelo fato de nem todo o cálcio ou o magnésio do produto estar associado à base: estes não são contemplados na determinação do PN. Sendo o produto um corretivo de acidez, os valores determinados, ou seja, os valores do PN, são os que apresentam significância.

Quadro 2. Valores comparativos do % E_{CaCO₃}, determinados através do PN ou calculados através dos teores de CaO e MgO.

Amostr s	% E _{CaCO₃}		Amostr s	% E _{CaCO₃}	
	Determinad o	Calculad o		Determinad o	Calculad o
1	107,6	107,7	6	53,9	76,7
2	77,1	85,7	7	54,6	75,7
3	88,1	91,7	8	95,0	98,2
4	69,7	83,2	9	76,7	80,7
5	98,2	99,0	10	84,7	85,2

Fonte: resultados de análises de rotina.

IV.4. Solubilidade

A solubilidade em água das espécies neutralizantes dos corretivos é baixa: CaCO₃: 0,014 g/L a 25°C; MgCO₃: 0,106 g/L a 25°C; Ca(OH)₂: 1,85 g/L a 0°C; Mg(OH)₂: 0,009 g/L a 18°C; CaSiO₃: 0,095 g/L a 17°C. O CaO e o MgO reagem com a água produzindo os respectivos hidróxidos. As impurezas presentes nos materiais corretivos concorrem para dificultar a solubilidade desses constituintes.

IV.5. Granulometria

Devido à baixa solubilidade das espécies neutralizantes, a ação dos corretivos nos solos depende, além da umidade, do contato do corretivo com o solo. E esse contato, por sua vez, depende:

- 1º) **da moagem do corretivo:** quanto mais moído, maior é o contato e mais rápida será sua ação no solo e vice-versa (Verlengia & Gargantini, 1972);
- 2º) **da mistura do corretivo com o solo:** quanto mais misturado, maior é o contato e mais rápida será sua ação no solo e vice-versa. Para uma boa mistura do corretivo com o solo é necessário que ele seja distribuído uniformemente e também bem incorporado, isto é, é necessário que o corretivo seja bem aplicado. Pode-se afirmar com segurança que perde-se muito do efeito dos corretivos devido a imperfeições na aplicação.

Deve ser lembrado que o aumento do grau de finura aumenta também as dificuldades de aplicação, tanto em relação aos equipamentos aplicadores quanto às perdas em consequência do vento, e também o maior contato do corretivo com o operador.

IV.6. Reatividade e efeito residual

Reatividade de um corretivo é a velocidade de sua ação no solo, ou seja, a rapidez com que corrige a acidez. A reatividade depende:

- **das condições de solo e de clima:** quanto maiores forem a acidez do solo, a temperatura e a umidade, maior é a reatividade, razão porque nas regiões tropicais os corretivos são mais reativos do que nas regiões temperadas e frias.
- **da natureza química:** as bases fortes são mais reativas do que as bases fracas;
- **da granulometria:** quanto mais fino for o corretivo, maior é a reatividade (Bellingieri et al., 1989; Alcarde et al., 1989-b).

Para os calcários, foram determinadas taxas de reatividade para as diferentes frações granulométricas, isto é, o percentual de ação do calcário no solo num período de três meses, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Taxas de reatividade das partículas de diferentes tamanhos dos calcários, adotadas pela legislação brasileira (Brasil, 2004-c).

Fração granulométrica		Taxa de reatividade (RE)
Peneiras Nº (ABNT)	Dimensão (mm)	(%)*
maior que 10	maior que 2	0
10-20	2 a 0,84	20
20-50	0,84 a 0,30	60
menor que 50	menor que 0,30	100

(*) Percentual do corretivo que reage em 3 meses

Isso significa que a fração maior que 2 mm (retida na peneira Nº 10) não tem efeito considerável na correção da acidez; que 80% da fração 10-20 (2 a 0,84 mm) e 40% da fração 20-50 (0,84 a 0,30mm) continuarão agindo no solo mais lentamente após o período de 3 meses; e que a fração menor que 0,3 mm reage totalmente em 3 meses.

Assim, dispondo-se da composição granulométrica de um corretivo, pode-se calcular sua reatividade (RE) pela expressão:

$$RE (\%) = \% F_{10-20} \times 0,2 + \% F_{20-50} \times 0,6 + \% F_{<50} \times 1$$

sendo,

% F₁₀₋₂₀; % F₂₀₋₅₀; %F_{<50} = percentual das diferentes frações granulométricas; e 0,2; 0,6; 1 = taxas de reatividade das respectivas frações granulométricas.

Para exemplificar, considerem-se os diferentes calcários mostrados no Quadro 4.

Quadro 4. Composição granulométrica de seis diferentes calcários

Calcári O	Composição granulométrica			
	% F _{>10}	% F ₁₀₋₂₀	% F ₂₀₋₅₀	% F _{<50}
A	100	0	0	0
B	33	0	0	67
C	5	25	20	50
D	16	0	0	84
E	0	10	20	70
F	0	0	0	100

A reatividade de cada calcário é:

RE(calcário x)	=	% F ₁₀₋₂₀	x	0,2	+	% F ₂₀₋₅₀	x	0,6	+	% F _{<50}	x	1	=	
RE(calcário A)	=	0	x	0,2	+	0	x	0,6	+	0	x	1	=	0 %
RE(calcário B)	=	0	x	0,2	+	0	x	0,6	+	67	x	1	=	67%
RE(calcário c)	=	25	x	0,2	+	20	x	0,6	+	50	x	1	=	67%
RE(calcário D)	=	0	x	0,2	+	0	x	0,6	+	84	x	1	=	84%
RE(calcário E)	=	10	x	0,2	+	20	x	0,6	+	70	x	1	=	84%
RE(calcário F)	=	0	x	0,2	+	0	x	0,6	+	100	x	1	=	100%

O calcário A apresenta reatividade zero porque ficou totalmente retido na peneira 10; portanto é um calcário muito grosseiro.

Os calcários B e C têm reatividades de 67%, isto é, 67% desses calcários reagem no solo em 3 meses; portanto, no período de 3 meses o efeito desses dois calcários no solo deve ser muito semelhante. Porém, enquanto o calcário C após os 3 meses ainda tem um resíduo (28%) para continuar reagindo, pois apenas 20% da F₁₀₋₂₀ e apenas 60% da F₂₀₋₅₀ reagiram nesse período, o calcário B não tem resíduo para reação posterior. Situação idêntica ocorre com os calcários D e E.

O calcário F apresenta reatividade 100% por passar totalmente pela peneira Nº 50; portanto reage totalmente num período de 3 meses.

Do exposto, deve-se ressaltar:

- a) reatividade significa o percentual do corretivo que reage no solo dentro de um período de 3 meses;
- b) exigir garantia de reatividade mínima para os calcários não é interessante do ponto de vista agrícola: os calcários B e C apresentam a mesma reatividade, porém 33% do calcário B não terá qualquer efeito enquanto apenas 5% do calcário C não terá efeito. Portanto, é mais interessante exigir-se garantia mínima de granulometria, o que é adotado pela legislação brasileira: os calcários devem passar no mínimo 95% na peneira Nº 10 (ABNT), 70% na peneira Nº 20 (ABNT) e 50% na peneira Nº 50 (ABNT) (Brasil, 1986). O calcário C atende exatamente a esses mínimos. Deve-se notar então que a legislação tolera até 5% do material que não terá reação no solo;
- c) o calcário “filler” por ter granulometria bem mais fina que 0,30 mm (peneira Nº 50), deve ter reatividade superior a 100%;
- d) as cais (virgem e hidratada), além de apresentarem granulometria bastante fina, têm suas reatividades aumentadas devido à natureza química (bases fortes): portanto suas reatividades são bastante superiores a 100%, podendo-se dizer que a ação desses produtos é quase “imediate” (10 a 15 dias).

Efeito residual de um corretivo é o tempo de duração da correção da acidez, ou seja, é a duração da calagem. O efeito residual depende de vários fatores: dosagem de corretivo usada na calagem, tipo de solo, adubações (os adubos nitrogenados acidificam o solo), intensidade de cultivo, dentre outros. Porém um fator também importante no efeito residual é a reatividade do corretivo: quanto maior a reatividade, menor o efeito residual, isto é, quanto mais rápida a ação do corretivo, menor é a duração da calagem e vice-versa (Natale & Coutinho, 1994). Portanto, reatividade e efeito residual são duas características antagônicas.

IV.7. Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)

A ação de um corretivo depende fundamentalmente das características: poder de neutralização (PN) e reatividade (RE). Isoladas, essas duas características não possibilitam uma adequada avaliação da ação do corretivo; por isso foram associadas, dando origem ao índice denominado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) (Bellingieri et al, 1988), que é dado pela expressão:

$$\text{PRNT} = \text{PN} \cdot \frac{\text{RE}(\%)}{100}$$

No caso dos calcários, o significado desse índice é o seguinte: um calcário com PN = 97% E_{CaCO_3} e RE = 80% terá PRNT = $97 \times (80/100) = 77,6\%$. Lembrando que reatividade é o “percentual da ação do corretivo num período de 3 meses devido à granulometria”, o PRNT significa então que 80% (RE) do seu potencial de neutralização (PN = 97%) será exercido em 3 meses. Isto é, o seu PN de 97% E_{CaCO_3} está assim dividido: 77,6% agirá em 3 meses e $97 - 77,6 = 19,4\%$ agirá posteriormente. Portanto “o PRNT é a fração do seu PN que agirá em 3 meses”.

Para melhor esclarecer, considerem-se os diferentes calcários mostrados no Quadro 5. Os três calcários têm o mesmo PRNT, isto é, “igual fração do PN que agirá em 3 meses”; portanto, os três corretivos deverão apresentar efeitos muito semelhantes nos 3 primeiros meses. Porém, o calcário A tem 30% e o calcário B tem 10% do PN que deverão agir mais lentamente após os 3 meses, enquanto o calcário C não tem nenhuma a sobra para ação posterior.

Quadro 5. Cálculo e interpretação do PRNT em calcários

Calcário ^s	PN (% E_{CaCO_3})	RE (%)	PRNT (%)	Ação do PN (%)	
				3 meses	Posterior
A	100	70	70	70	30
B	80	87	70	70	10
C	70	100	70	70	0

Esses exemplos mostram a importância de se conhecer o PN dos calcários: apenas o conhecimento do PRNT não permite uma adequada avaliação dos corretivos, razão porque a legislação brasileira exige a garantia do PN além do PRNT para os calcários.

No caso dos calcários “filler”, calcários calcinados, cais virgem ou hidratada, que apresentam reatividade bastante superior a 100% ou quase “imediate”, o PRNT é sempre igual ao PN ($\text{PRNT} = \text{PN} \times (100/100) \therefore \text{PRNT} = \text{PN}$). Para melhor esclarecer, considerem-se os exemplos do Quadro 6: observa-se que esses corretivos não deixam nenhuma sobra de PN para ação mais lenta e posterior.

O aumento do PRNT dos corretivos pode ser conseguido pela moagem mais fina ou pela calcinação (transformação do carbonato em óxido ou hidróxido): no primeiro caso ocorre somente aumento de reatividade e no segundo ocorre aumento de PN e reatividade. Por isso, pode-se concluir que, em geral, quanto maior o PRNT maior é a reatividade do corretivo.

Mas o PRNT constitui uma avaliação absoluta da eficiência de um corretivo?

Quadro 6. Cálculo e interpretação do PRNT de corretivos tipo calcário “filler”, calcário calcinado, cal virgem ou cal hidratada

Calcários	PN (% E _{CaCO₃})	RE (%)	PRNT (%)	Ação do PN	
				3 meses	Posterior
A	60	100	60	60	0
B	100	100	100	100	0
C	135	100	135	135	0

A rigor, o conceito de eficiência está ligado à lucratividade, isto é, o corretivo mais eficiente é aquele que proporciona maior lucro. Para isso é necessário levar em conta aspectos técnicos e econômicos.

Quanto aos aspectos técnicos, deve-se considerar que: há situações que necessitam de corretivos com maior reatividade, como no caso de atraso na calagem, calagem em terrenos arrendados temporariamente, hortas, solos muito ácidos; há situações que necessitam de efeito residual como no caso de calagem para implantação de culturas perenes, semi-perenes e pastagens; muitas situações necessitam de corretivos com reatividade e efeito residual em níveis intermediários. Deve-se considerar também a natureza química do produto e a granulometria, porque exigem diferentes cuidados na aplicação: cal virgem, cal hidratada e calcário calcinado devem ser incorporados logo após a aplicação para não se empedrarem, assim como exigem maior proteção das pessoas que os aplicam quanto ao contato com a pele e os olhos; e produtos de granulometria fina exigem equipamentos adequados para aplicação, assim como podem apresentar acentuadas perdas devido ao vento.

Quanto ao aspecto econômico está o custo, considerando-se o produto e o transporte: é mais econômico aquele que apresentar o “menor custo por unidade do PRNT”, isto é:

$$\text{Custo por unidade de PRNT} = \frac{\text{custo/t do produto colocado na propriedade}}{\text{PRNT do produto}}$$

Portanto, não se pode definir o melhor corretivo apenas pelas suas características. Há diferentes situações agrícola que exigem corretivos com diferentes características: cabe ao técnico indicar o corretivo mais adequado a cada situação; e cabe aos produtores de corretivos colocar no mercado produtos com características especificadas e garantidas.

V. CONTROLE DA QUALIDADE

V.1. Pela indústria

O conceito de controle de qualidade atualmente é bastante amplo, extrapolando os aspectos técnicos e abrangendo aspectos psicológicos, sociais, mercadológicos e de proteção ambiental: é o Controle de Qualidade Total. É um tipo de controle que vem sendo universalizado por meio de normas internacionais: as normas ISO (International Standardization Organization). Ao serem corretamente adotadas numa empresa, esta ostenta orgulhosamente os CERTIFICADOS ISO: ISO – 9001, ISO - 9002..., ISSO – 14.000. A tendência é de empresas que não possuem certificação da ISO, ficarem fora do mercado.

No aspecto estritamente técnico, o controle da qualidade pela indústria tem por objetivos compatibilizar a maximização da produtividade, da produção e da qualidade do produto com a minimização dos custos da produção. Isso é feito por um conjunto sistemático e metódico de procedimentos que permitem conhecer minuciosamente, e administrar, todos os fatores envolvidos no processo produtivo.

O controle de qualidade dos corretivos é relativamente simples: os processos de produção envolvem poucas operações e transformações, os produtos são de poucas variedades e de composição bastante homogênea.

No caso do calcário agrícola, principal corretivo, do ponto de vista técnico o controle consiste em conhecer minuciosamente a jazida a ser explorada, por meio de um estudo de prospecção específico. Periodicamente, o produto final deve ser analisado granulométrica e quimicamente. A periodicidade depende da uniformidade da jazida e da qualidade dos equipamentos de produção. No caso da cal virgem e da cal hidratada, o controle da qualidade exige um pouco mais de trabalho para controlar a calcinação do calcário e a hidratação de cal virgem, mas nada de complexo. No caso do silicato (escória), o controle é semelhante ao do calcário, desde que se conheça bem a origem da escória, notadamente em relação a presença de componentes indesejáveis.

V.2. Pelo poder público: legislação e fiscalização

O objetivo desse controle é proteger os consumidores (agricultores) e fabricantes corretos, dos fabricantes especuladores. A função do controle pelo poder público é estabelecer as normas para a produção e a comercialização de corretivos, através de leis, decretos, portarias, instruções normativas, etc. (legislação) e orientar e constatar o cumprimento delas (fiscalização). A legislação brasileira sobre o assunto é constituída pela Lei nº 6.894 de 17/12/80 (Brasil, 1980), alterada pela Lei nº 6.934 de 13/07/81 (Brasil, 1981), pelo Decreto nº 4.954 de 14/01/2004 (Brasil, 2004-a) e pela Instrução Normativa nº 4, de 02/08/2004 da Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo (SARC) (Brasil, 2004-c).

V.3. Pelo consumidor

Esse controle tem por objetivo se proteger do recebimento de produtos com qualidades inferiores ao adquirido. Começa pela escolha de uma empresa produtora conceituada no mercado, continua por uma negociação sobre exigência do nível de qualidade e preço, e termina pela análise do produto recebido para constatar sua qualidade. Para isso é fundamental a correta coleta da amostra de maneira que ela seja representativa do lote (Brasil, 2004-b). Essa amostra deve ser enviada a um laboratório capacitado a efetuar a análise.

Qualquer divergência entre o produto combinado na compra e o produto recebido, deve ter sua solução buscada primeiramente com o fornecedor do produto, procedimento esse que chega a bom termo na maioria das situações. Caso contrário, deve-se apelar para a fiscalização.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade dos corretivos de acidez no Brasil poderia ser superior a que tem se apresentado se houvesse maior exigência do setor agrônômico. As compras, de uma maneira geral, são feitas pelo menor preço apenas: o critério de qualidade normalmente fica fora das negociações.

Qualidade tem preço mas tem retorno. Deve-se procurar avaliar bem a relação benefício/custo da qualidade. Para tanto, os conhecimentos sobre os atributos de qualidade dos corretivos e seus efeitos na produção agrícola são indispensáveis.

VII. LITERATURA CITADA

- ALCARDE, J.C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. Simpósio sobre “Acidez e Calagem”, XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 1983, p. 11-22, Campinas-SP.
- ALCARDE, J.C. Produtos utilizados para a correção da acidez dos solos. Informações Agrônômicas Nº 34, junho/86, p.5-9. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS. Piracicaba, SP.
- ALCARDE, J.C. Contraditória,²² confusa e polêmica: é a situação do gesso na agricultura. Informações Agrônômicas Nº 41, março/88, p.1-3. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS – Piracicaba, SP.
- ALCARDE, J.C.; PAULINO, V.T. & DENARDIN, J.S. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez dos solos. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):387-392, 1989-b.
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. Anais da Esc. Sup. Agr. “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 45(2):579-588, 1988.
- BELLINGIERI, P.A.; ALCARDE, J.C. & SOUZA, E.C.A. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório. Anais da Esc. Sup. Agr. “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 46(2):303-317, 1989.
- BOYTON, R.S. Chemistry and technology of lime and limestone. Interscience Publishers, New York, 1966. 520p.
- BRASIL, 1980. Lei nº 6.894, de 16/12/1980.
- BRASIL, 1981. Lei nº 6.934, de 13/07/1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes; métodos oficiais. Brasília, 1983. 104p.
- BRASIL, 2004-a. Decreto nº 4.954, de 14/01/2004.
- BRASIL, 2004-b. Instrução Normativa nº 10 de 06/05/2004. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- BRASIL, 2004-c. Instrução Normativa nº 4, de 02/08/2004. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo (SARC). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)
- KANE, P.F. Agricultural Liming Materials. In: CUNNIF, P. (ed.). Official Methods of Analysis of A.O.A.C. 1995. vol. 1, cap.²³, p.1-39.
- KOCHE, A.; HANASHIRO, J.; SANTOS, A.R.; ROMERO, A.M.S.; LAVIGNE, M.; GUIDOLIN, J.A. & ALCARDE, J.C. Análise de corretivos agrícolas. Editora pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), São Paulo-SP, 1989, 30p.

- NATALE, W. & COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agrônômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 18: 55-62, 1994.
- RAIJ, V. van. & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Anais, p. 323-46, 1984. EMBRAPA, Brasília-DF.
- RAIJ, V. van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. Editado pela Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas – ANDA, São Paulo-SP, 1988, 88p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. Soil Fertility and Fertilizers. 4th ed., 1985, 754p. Macmillan Publishing Co., New York.
- VERLENGIA, F. & GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. Bragantia, 31(10):119-127, 1972.
- WUTKE, A.C.P. & GARHANTINI, H. Avaliação da possibilidades de escórias de siderúrgica como corretivos de acidez dos solos. Bragantia, 21(46): 795-805, 1962.