

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE SOLOS  
BOLETIM TÉCNICO No 1

A CALAGEM DOS SOLOS ÁCIDOS - PRÁTICA E BENEFÍCIOS

S.J.VOLKWEISS  
M.J.TEDESCO  
C.GIANELO  
C.A.BISSANI

Porto Alegre/RS - 1992

---

## SUMÁRIO

1. [INTRODUÇÃO](#)
2. [EFEITOS DA CALAGEM NOS RENDIMENTOS DAS CULTURAS](#)
  - 2.1. [Alfafa](#)
  - 2.2. [Pastagens](#)
  - 2.3. [Soja](#)
  - 2.4. [Outras culturas](#)
3. [SUPOSTOS MALEFÍCIOS DA CALAGEM](#)
  - 3.1. [Esterilização e diminuição da matéria orgânica do solo](#)
  - 3.2. [Ressecamento do solo](#)
  - 3.3. [Destruição da estrutura e compactação do solo](#)
  - 3.4. [Esgotamento do solo](#)
4. [A PRÁTICA DA CALAGEM](#)
  - 4.1. [Escolha do corretivo](#)
    - 4.1.1. [Qualidade do corretivo](#)
      - 4.1.1.1. [Teor e tipo de neutralizantes no corretivo](#)
      - 4.1.1.2. [Velocidade de reação dos corretivos nos solos](#)
      - 4.1.1.3. [O índice PRNT de qualidade de calcário](#)
      - 4.1.1.4. [Teor de magnésio dos corretivos](#)
    - 4.1.2. [Custo do corretivo posto na lavoura](#)
  - 4.2. [Quantidade de corretivo necessário](#)
  - 4.3. [Época de aplicação do corretivo no solo](#)
  - 4.4. [Modo de aplicação do corretivo no solo](#)

- 4.4.1. [Distribuição do corretivo na superfície do solo](#)
- 4.4.2. [Incorporação do corretivo no solo](#)

## 5. [CAUSAS DO INSUCESSO DA CALAGEM](#)

- 5.1. [O solo não necessita de calagem](#)
- 5.2. [Falta de adubação](#)
- 5.3. [Uso de quantidade insuficiente ou excessiva de calcário](#)
- 5.4. [Distribuição e incorporação desuniforme de calcário no solo](#)
- 5.5. [Uso de calcário de baixa qualidade](#)
- 5.6. [Cultivo de plantas tolerantes à acidez](#)
- 5.7. [Doenças das culturas](#)

## 6. [REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS](#)

### 1. INTRODUÇÃO

As pesquisas agrícolas têm mostrado que os solos do Brasil são em geral muito ácidos, isto é, apresentam pH menor que 5,5 e que a correção de sua acidez através da calagem é uma prática indispensável para a obtenção de colheitas abundantes com a maioria das culturas. Em muitos solos os rendimentos de algumas culturas são tão baixos que o seu cultivo se torna economicamente inviável se a calagem não é utilizada.

Para a obtenção de altos rendimentos, porém, várias outras práticas, além de calagem, são igualmente necessárias como: adubação adequada, conservação do solo, uso de cultivares adaptadas à região, práticas culturais adequadas, etc. A calagem não substitui nenhuma outra prática necessária e, portanto, não é capaz de isoladamente aumentar e manter altos rendimentos das culturas. Os resultados das pesquisas no Brasil mostram que os maiores benefícios da calagem são obtidos quando ela é utilizada em conjunto com outras práticas agrícolas, dentro de um plano racional de uso da terra.

Neste boletim são mostrados os aumentos de rendimentos das culturas que podem ser obtidos com a calagem dos solos ácidos. São também fornecidas orientações técnicas gerais sobre a prática da calagem, desde a escolha do corretivo a utilizar até o modo de sua aplicação no solo.

Como a calagem é uma prática que, para proporcionar altos retornos econômicos ao agricultor, requer certos cuidados na sua execução, recomenda-se que seja sempre orientada por um técnico que tenha um bom conhecimento dos solos e culturas da região.

### 2. EFEITOS DA CALAGEM NOS RENDIMENTOS DAS CULTURAS

Solos com pH menor que 7 são ácidos, ao passo que solos com pH maior que 7 são alcalinos. Solos alcalinos são comumente encontrados apenas na região do Semi-Árido do Nordeste brasileiro. No restante do Brasil predominam solos ácidos, sendo comuns solos com pH entre 4 e 5,5, os quais são classificados como muito ácidos.

A maioria das plantas cultivadas se desenvolve melhor em solos levemente ácidos a neutros, isto é, solos com pH entre 6 e 7. Nesta faixa de pH não ocorre toxidez de alumínio e manganês para as plantas, a disponibilidade dos nutrientes minerais é mais equilibrada e a atividade dos microorganismos que dão vida ao solo é maior.

Em solos ácidos, o alumínio e o manganês dos minerais do solo são muito solúveis e as plantas os absorvem em grandes quantidades. No interior das plantas estes dois elementos em excesso agem como tóxicos, isto é, "envenenam" as plantas. O problema é tanto maior quanto mais baixo for o pH. Em solos com pH acima de 5,5 não ocorre toxidez de alumínio e a de manganês só ocorre raramente.

Nos solos alcalinos, por outro lado, as plantas podem ter seus rendimentos prejudicados por deficiência de zinco, ferro, manganês e fósforo, além de outras causas.

Para corrigir a acidez dos solos e com isto aumentar os rendimentos das culturas, o homem usa há séculos materiais alcalinos: calcário, cal, conchas moídas, cinzas, etc. No Brasil o corretivo da acidez mais utilizado é o calcário moído, o qual contém principalmente carbonatos de cálcio e de magnésio.

Quando incorporados no solo, os corretivos reagem quimicamente com as fontes de acidez presentes e as neutralizam. As fontes de acidez do solo que mais consomem corretivo são o alumínio e certos compostos da matéria orgânica. Com a neutralização da acidez pela calagem, o pH e os teores de cálcio e magnésio do solo aumentam. Quanto maior for a quantidade de calcário aplicado em um solo, tanto maior será o seu pH após a reação.

A calagem favorece o desenvolvimento das raízes e facilita a utilização dos nutrientes do solo e dos adubos pelas plantas. Com isto, a calagem aumenta a eficiência da adubação.

Existem grandes diferenças de sensibilidade à acidez dos solos entre as diversas espécies de plantas. De um modo geral, as leguminosas (soja, alfafa, trevo, feijão, etc.) são mais sensíveis à acidez que as gramíneas (arroz, milho, trigo, braquiária, etc.). Porém em solos muito ácidos todas as culturas se beneficiam com a calagem.

## **2. 1. Alfafa**

Das espécies cultivadas, a alfafa é provavelmente a mais sensível à acidez dos solos. Seus rendimentos em solos com pH menor que 6 são tão baixos que geralmente não é compensador o seu cultivo. Porém, como mostram os dados da [Figura 1](#), obtidos no RS, a elevação do pH do solo de 5,2 até 6,7 através da calagem pode aumentar os rendimentos de feno de alfafa de menos de 2 até cerca de 10 t/ha, desde que seja feita a adubação.

Os dados da [Figura 1](#) mostram que a alfafa, a "rainha das forrageiras", pode ser cultivada com bons rendimentos mesmo em solos pobres e ácidos, desde que sejam feitas a adubação e a calagem necessárias.

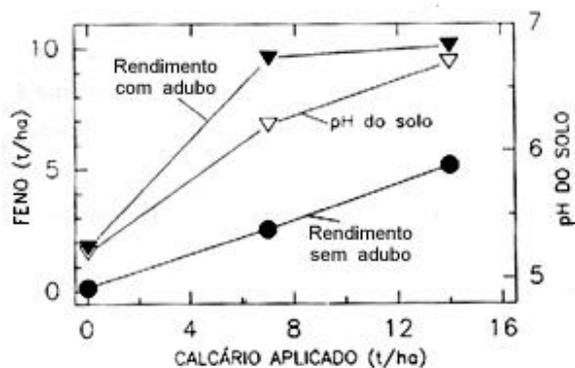


FIGURA 1

Efeitos da calagem e da adubação no rendimento de feno de alfafa (10% de umidade) e no pH do solo (1).

## 2.2. Pastagens

Na implantação de pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas em solos ácidos, além de aumentar os rendimentos totais de pasto, a calagem também aumenta a proporção de leguminosas na pastagem, pois favorece mais as leguminosas que são mais sensíveis à acidez do solo que as gramíneas. Os dados da [Figura 2](#), obtidos no RS em solo adubado, mostram que a calagem aumentou o rendimento total da pastagem em 60% no 1º ano e em 30% no 2º ano. A proporção de leguminosas praticamente dobrou com a calagem nos dois anos.

A presença de leguminosas como trevo e cornichão na pastagem aumenta o seu valor nutritivo. Contudo, é necessário que sejam adotadas práticas adequadas de manejo que permitam uma competição harmoniosa entre os componentes da mistura, para que a pastagem não seja completamente dominada pelas leguminosas a partir do 2º ou 3º ano. As melhores pastagens são aquelas em que há equilíbrio entre gramíneas e leguminosas.

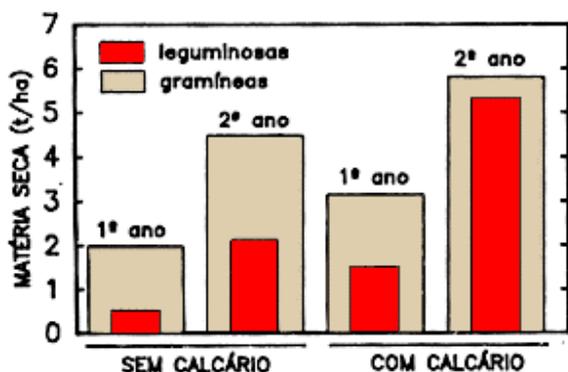


FIGURA 2

Efeitos da calagem (4 t/ha) no rendimento da pastagem consorciada de gramíneas e leguminosas e na percentagem de leguminosas (trevo branco e cornichão) (2,3).

## 2.3. Soja

Nos últimos 20 anos, a cultura da soja se expandiu muito no Sul do Brasil. Esta expansão continua hoje em outras regiões, principalmente no Centro-Oeste. A área cultivada e o valor da produção fazem da soja uma das culturas mais importantes do País. Contudo, os rendimentos médios são baixos, pois na maior parte das áreas cultivadas predominam solos ácidos e pobres em nutrientes, principalmente fósforo. Nestes solos, as plantas de soja se desenvolvem pouco e

frequentemente se observam sintomas de toxidez de manganês (folhas novas enrugadas e com pequenas manchas pretas) e de alumínio (plantas pouco desenvolvidas, folhas amareladas e raízes curtas e engrossadas).

Inúmeros resultados de pesquisas mostram que em solos pobres e ácidos apenas a adubação ou apenas a calagem não é suficiente para se obter altos rendimentos na cultura da soja. Para isto é necessário o uso conjunto da calagem e da adubação, como mostram os resultados de pesquisa da [Tabela 1](#).

A calagem torna o fósforo do solo e dos adubos (exceto o dos fosfatos naturais) mais solúvel e, portanto, mais disponível para as plantas. Por isto, a calagem de solos ácidos e pobres em fósforo diminui a quantidade de adubo fosfatado necessário para se obter altos rendimentos, pois aumenta a sua eficiência fertilizante. Isto é exemplificado para a cultura da soja com os dados da [Figura 3](#). Estes dados mostram que para se obter um rendimento de grãos de aproximadamente 2,5 t/ha, a calagem diminui a quantidade de fósforo necessário na adubação de 400 para menos de 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. O não uso da calagem leva, portanto, a um baixo aproveitamento do fósforo dos adubos pelas plantas, o que resulta em prejuízos apreciáveis para o agricultor.

A cultura da soja, como as de muitas outras leguminosas, tem a característica de não necessitar de adubação com nitrogênio se as sementes forem tratadas com inoculante adequado e se as bactérias (rizóbios) presentes no inoculante formarem nas raízes nódulos grandes, rugosos e com o interior avermelhado. No interior destes nódulos, os rizóbios captam o nitrogênio do ar e o fornecem para às plantas. Em solos ácidos, os rizóbios não formam nódulos eficientes e a captação do nitrogênio do ar não é suficiente para suprir as necessidades das plantas. Porém, aumentando-se o pH do solo até 6-6,5 através da calagem, aumenta a nodulação e melhora a nutrição da soja com nitrogênio, o que dispensa a adubação com este elemento. O resultado final é o aumento dos rendimentos, como mostram os dados da [Figura 4](#).

As pesquisas conduzidas em vários estados do Brasil mostram que em solos bem adubados, mas ácidos, a calagem pode aumentar os rendimentos da soja entre 20% e 155%, conforme os dados apresentados na [tabela 2](#). Na prática de lavoura, os aumentos médios devidos à calagem nestes solos se situam geralmente entre 500 e 1.000Kg soja/ha.

Após a aplicação do calcário no solo, os seus efeitos benéficos sobre as culturas continuam por vários anos. Este efeito é o que se chama de efeito residual da calagem. Vários estudos têm mostrado que o efeito da calagem é maior do 2º ao 4º ano, tendendo depois a diminuir, como se pode ver pelos dados da [Tabela 3](#).

Em alguns solos, geralmente arenosos, o efeito da calagem começa a diminuir já a partir do 3o ano, ao passo que em outros, o efeito permanece alto por mais de cinco anos. Como regra geral, pode-se dizer que será necessária uma nova calagem entre três e cinco anos após a primeira. Porém, nesta nova calagem as quantidades de calcário a utilizar são geralmente menores, entre 20 e 50% das utilizadas na primeira.

Devido às grandes quantidades de calcário que são necessárias para corrigir a acidez dos solos, geralmente entre 2 e 8 t/ha, a calagem é uma prática dispendiosa. Porém, os aumentos de

rendimentos que proporciona ao longo dos anos compensam largamente os investimentos em calcário. Para o cálculo do lucro que a calagem traz ao agricultor, é necessário dividir seu custo entre as várias culturas que são feitas num penado de três a cinco anos, que é o tempo médio de duração dos maiores efeitos benéficos da calagem. A calagem deve, portanto, ser encarada como um investimento para melhoria da terra e não apenas uma despesa de custeio da lavoura. Procedendo desta maneira, vários estudos econômicos mostram que a calagem geralmente proporciona ao agricultor um lucro líquido médio anual equivalente a 300-800 kg de soja/ha. Em vista do valor da soja, este é um lucro apreciável que coloca a calagem entre as práticas mais rentáveis que o agricultor pode lançar mão nesta cultura.

Tabela 1 - Efeitos da adubação fosfatada e da calagem nos rendimentos de grão de soja no RS e SC. Resultados de primeiro ano.(4)

| Estado | Tratamento               |             |          |                          |
|--------|--------------------------|-------------|----------|--------------------------|
|        | Sem adubo e sem calcário | Só calcário | Só adubo | Com adubo e com calcário |
|        | Kg/ha                    |             |          |                          |
| RS     | 720                      | 1780        | 1730     | 2560                     |
| SC     | 1080                     | 1450        | 1900     | 2340                     |

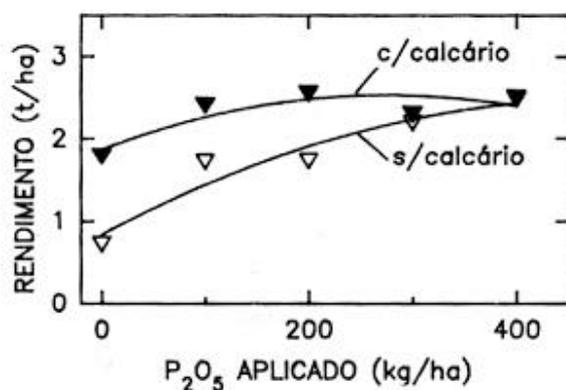


FIGURA 3

Efeito da calagem na resposta da soja à adubação fosfatada (5).

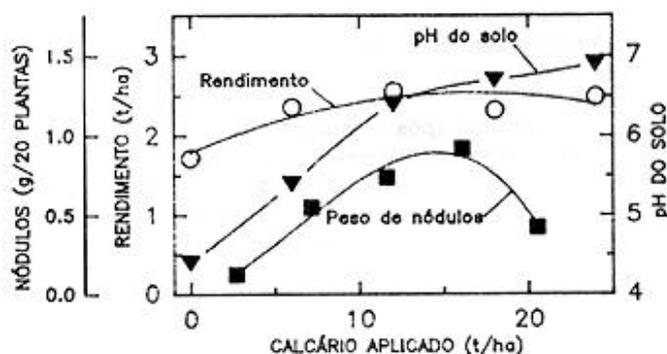


FIGURA 4

Efeito da calagem no pH do solo, no peso de nódulos das raízes e no rendimento de grãos de soja (5).

Tabela 2 - Efeitos da calagem nos rendimentos de grãos de soja em vários estados do Brasil (Fonte: Vários autores)

| Calagem   | Estado          |                 |                 |                 |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | RS <sup>1</sup> | SC <sup>2</sup> | PR <sup>3</sup> | SP <sup>3</sup> | GO <sup>4</sup> | MG <sup>5</sup> |
|   | Kg/ha           |                 |                 |                 |                 |                 |
| Sem   | 1930            | 1870            | 1120            | 1590            | 1520            | 1080            |
| Com   | 3110            | 2260            | 2860            | 2100            | 2660            | 2080            |
| Aumento%  | (61)            | (20)            | (115)           | (32)            | (75)            | (93)            |
| <sup>1</sup> Médias de 5 anos e 7 locais; <sup>2</sup> Médias de 2 anos; <sup>3</sup> Médias de 3 anos; <sup>4</sup> Médias de 1 ano; <sup>5</sup> Médias de 1 ano e 4 locais |                 |                 |                 |                 |                 |                 |

Tabela 3 - Efeitos da calagem nos rendimentos de cinco cultura sucessivas de soja. Médias de 7 locais no RS. (6)

| Calagem   | Cultura após calagem |      |      |      |      |        |
|-----------|----------------------|------|------|------|------|--------|
|           | 1°                   | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | Médias |
|           | Kg/ha                |      |      |      |      |        |
| Sem       | 1870                 | 1620 | 1770 | 1990 | 2420 | 1930   |
| Com       | 2890                 | 3390 | 3020 | 3120 | 3130 | 3110   |
| Diferença | 1020                 | 1770 | 1250 | 1130 | 710  | 1180   |

## 2.4. Outras culturas

Efeitos benéficos da calagem sobre os rendimentos de outras culturas têm também sido mostrados em várias pesquisas efetuadas no Brasil. Como se pode ver pelos dados da [Tabela 4](#), até culturas pouco sensíveis à acidez dos solos, como o trigo (cultivares brasileiras), apresentam aumentos significativos de rendimentos em resposta à calagem.

A correção da acidez dos solos dá ao agricultor maior flexibilidade na escolha das espécies a cultivar em programas de rotação de culturas, pois permite a inclusão de espécies mais sensíveis à acidez.

## 3. SUPOSTOS MALEFÍCIOS DA CALAGEM

Às vezes se ouve a alegação de que a calagem causa malefícios, tais como: esterilizar o solo; provocar a diminuição da matéria orgânica do solo; ressecar o solo; desestruturar e compactar o solo; enriquecer o pai e empobrecer o filho. Estes problemas, quando ocorrem, não são devidos à

calagem em si, mas sim ao uso de práticas erradas de uso e manejo do solo.

### 3.1 . Esterilização e diminuição da matéria orgânica do solo

As alegações de que a calagem esteriliza os solos e provoca a diminuição nos seus teores de matéria orgânica são absolutamente errôneas. Resultados de pesquisas têm mostrado que a calagem de solos ácidos, elevando o pH até 6-7, aumenta a atividade microbiológica dos solos e até pode provocar pequenos aumentos nos seus teores de matéria orgânica.

As bactérias são os principais microorganismos responsáveis pelas transformações do nitrogênio e enxofre da matéria orgânica dos solos em formas minerais prontamente disponíveis para as plantas. As bactérias são também os microorganismos mais sensíveis à acidez dos solos e por isto a calagem aumenta consideravelmente sua população nos solos, como mostram os dados da [Figura 5](#). Aumentando a atividade das bactérias do solo, a calagem aumenta também a disponibilidade de nitrogênio e enxofre para as plantas.

Como a calagem aumenta a atividade microbiana nos solos, aumenta também a velocidade de decomposição da matéria orgânica efetuada pelos microorganismos. Contudo, estes efeitos são mais pronunciados na matéria orgânica recém incorporada no solo (raízes, folhas, etc.). A matéria orgânica humificada é mais estável e os microorganismos têm dificuldade em atacá-la. Por outro lado, como a calagem proporciona melhores condições para as plantas se desenvolverem, ela aumenta as quantidades de raízes e palha que são incorporadas no solo. Estas com o tempo se decompõem e se transformam em matéria orgânica humificada. O resultado final é que a calagem tende a aumentar um pouco os teores de matéria orgânica dos solos, principalmente daqueles com teores inicialmente baixos, como se pode ver na [Tabela 5](#).

Se o agricultor utiliza a calagem e a adubação, mas não adota práticas de conservação do solo, a erosão carrega para os rios e várzeas a parte mais superficial do solo. Assim ele perde tanto o adubo e calcário aplicados, como também a parte do solo que é mais rica em matéria orgânica. O solo que sobra é pobre em nutrientes e matéria orgânica. Fazer calagem e adubação sem conservar o solo é perder dinheiro e destruir o solo.

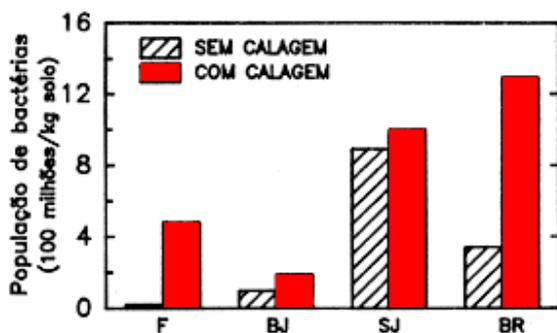


FIGURA 5

Efeito da calagem na população de bactérias em quatro solos do RS; F = Farroupilha; BJ = Bom Jesus; SJ = São Jerônimo; BR = Bom Retiro (Fonte: Prof. P.A. Selbach, Depto. de Solos. UFRGS)

Tabela 5 - Efeitos da calagem nos teores de matéria orgânica de três solos do RS, seis anos e meio após a aplicação do calcário(7). Fonte: Cruz(1977)

| Calagem | Solos        |             |         |
|---------|--------------|-------------|---------|
|         | São Jerônimo | Tupanciretã | Vacaria |
|         | %            |             |         |
| Sem     | 3,0          | 0,5         | 5,9     |
| Com     | 3,1          | 0,6         | 5,9     |

### 3.2. Ressecamento do solo

Após alguns dias de estiagem, observa-se que os solos de lavouras que receberam calagem estão geralmente mais secos que os solos de outras lavouras. Daí muitos afirmarem que a calagem resseca o solo. A causa deste ressecamento não é a calagem em si, mas sim o maior desenvolvimento das plantas proporcionado pela calagem. Plantas mais desenvolvidas absorvem mais água do solo, consumindo-a mais rapidamente que as plantas pouco desenvolvidas. O maior consumo de água pelas plantas neste caso também significa maiores rendimentos das culturas.

### 3.3. Destruição da estrutura e compactação do solo

É cada vez mais freqüente encontrar-se solos, cultivados há alguns anos, com estrutura degradada e com camadas compactadas a 15-30 cm de profundidade. Nesta situação, as raízes das plantas ficam pequenas e não penetram em profundidade no solo. Também as águas das chuvas penetram pouco no solo, escorrem mais pela superfície e causam mais erosão. O resultado é que as plantas se desenvolvem pouco, sofrem muito com períodos curtos de estiagem e os rendimentos são conseqüentemente baixos. As pesquisas têm mostrado que as principais causas desta degradação da estrutura do solo e da formação de camadas compactadas são: o excessivo número de lavrações e gradagens que pulverizam o solo; número excessivo de passagens de máquinas pesadas que compactam o solo; trabalho com o solo muito úmido; queima dos restos culturais e falta de rotação de culturas. A calagem, segundo algumas observações, ao invés de provocar degradação da estrutura e compactação dos solos, aumenta a sua porosidade devido à maior quantidade de raízes que se desenvolvem nos solos corrigidos. Com isto, aumenta a taxa de infiltração de água e diminui a enxurrada e a erosão.

### 3.4. Esgotamento do solo

A calagem de solos ácidos aumenta os rendimentos já na primeira cultura após a aplicação do calcário. Com isto há maior extração dos nutrientes do solo pelas plantas. Se não forem feitas adubações para restituir os nutrientes extraídos, o solo se esgotará e as culturas seguintes sofrerão deficiências. Em conseqüência, os rendimentos tenderão a diminuir com o passar dos anos. Contudo, os rendimentos das culturas podem ser aumentados e mantidos altos ao longo dos anos de cultivo se, em conjunto com a calagem, também forem feitas as adubações necessárias para manter a fertilidade e forem observadas boas práticas de conservação dos solos.

## **4. A PRÁTICA DA CALAGEM**

Para que a calagem proporcione ao agricultor os retornos econômicos esperados, em sua execução devem ser seguidas algumas normas técnicas que se referem principalmente a: escolha do corretivo; quantidade de corretivo necessário; época e modo de aplicação do corretivo no solo.

### **4.1. Escolha do corretivo**

Muitos materiais alcalinos podem ser utilizados como corretivos da acidez do solo. Os principais são: calcário, que é obtido pela moagem da pedra calcária; cal virgem, obtida pela queima do calcário; cal apagada, obtida pelo tratamento de cal virgem com a água; calcário calcinado, obtido pela queima parcial do calcário; conchas marinhas moídas; cinzas; etc. Tanto a eficiência com que cada um destes materiais corrige a acidez, isto é, sua qualidade, como o preço são bastante variáveis.

Corretivos com qualidade baixa são em geral mais baratos, mas em compensação devem ser usados em quantidades maiores para corrigir a acidez dos solos. O aumento da quantidade também aumenta o custo do transporte até a propriedade, bem como o custo da aplicação por área de terra corrigida. Assim, o custo final da correção da acidez do solo com raízes que se desenvolvem nos solos corrigidos. Com isto, aumenta a taxa de infiltração de água e diminui a enxurrada e a erosão.

Um corretivo barato, mas de baixa qualidade, pode ser maior do que com um corretivo mais caro, mas de melhor qualidade. Por outro lado, se o preço de um corretivo de alta qualidade for muito alto, o seu uso pode se tornar antieconômico, apesar da menor quantidade necessária e do menor custo de transporte e aplicação.

O corretivo mais vantajoso para o agricultor e que, portanto, deverá ser o escolhido, é aquele que corrige a acidez dos seus solos pelo menor custo. Assim, a qualidade e o custo posto na lavoura são os dois pontos fundamentais que o agricultor deve considerar na escolha do corretivo.

#### **4.1.1. Qualidade do corretivo**

A qualidade de um corretivo depende principalmente do teor e tipo de compostos neutralizantes da acidez presentes e da velocidade com que o corretivo reage e neutraliza a acidez dos solos.

##### **4.1.1.1. Teor e tipo de neutralizantes no corretivo**

Os corretivos apresentam teores variáveis, às vezes até mais de 15%, de impurezas, tais como sílica argila, umidade, etc., que não corrigem a acidez. Estas impurezas diminuem a qualidade do corretivo.

Os principais compostos químicos neutralizantes da acidez presentes nos corretivos são carbonatos de cálcio e de magnésio ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ ) nos calcários; óxidos de cálcio e de magnésio ( $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ ) na cal virgem e hidróxidos de cálcio e de magnésio  $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{Mg(OH)}_2$

- na cal apagada. Nos calcários calcinados estão presentes tanto carbonatos como óxidos de cálcio e de magnésio. Nas conchas moídas o carbonato de cálcio é o principal componente.

Devido à sua composição química os compostos presentes nos corretivos têm diferentes capacidades de neutralização de ácidos. Esta capacidade, também chamada de **Poder de Neutralização (PN)**, é geralmente expressa em relação à do carbonato de cálcio puro que é tomada como 100%. Assim, a capacidade de neutralização de ácidos, ou PN, dos compostos e dos corretivos é dada como equivalente em carbonato de cálcio (**E CaCO<sub>3</sub>**). Devido às suas características químicas, os compostos de magnésio têm PN maiores que os seus correspondentes de cálcio. Da mesma forma, os óxidos têm PN maiores que os hidróxidos e estes maiores que os carbonatos, como mostrado na [Tabela 6](#). Quanto maior o PN de um composto ou corretivo, maior é a quantidade de ácidos que o mesmo neutraliza. Assim, para neutralizar uma certa quantidade de ácidos, como a que está presente na camada arável de um hectare de terra, por exemplo, será necessário tanto menos corretivo quanto maior for o seu PN ([Tabela 6](#)).

Os PN dos calcários comercializados no Brasil geralmente se situam entre 80 e 100%. A cal virgem e a cal apagada, devido à presença dos óxidos e hidróxidos, apresentam PN bem maiores que 100% e, portanto, necessitam de ser usadas em quantidades menores que os calcários.

De acordo com a legislação brasileira, os teores de carbonatos de cálcio e de magnésio dos calcários são expressos na forma de óxidos (CaO e MgO). Para poder ser comercializado, o calcário deve ter no mínimo 38% de CaO + MgO, (Portaria nº 3 de 12.06.86, do Ministério da Agricultura). Porém sabe-se que nos calcários comuns o cálcio e o magnésio estão na forma de carbonatos e não de óxidos. O teor de óxidos é apenas uma maneira de laboratórios expressarem os resultados de análises, à semelhança do que ocorre com os adubos.

O PN dos corretivos é determinado por reação total do material com ácido, expressando, portanto, seu potencial de correção da acidez. Este valor deve ser garantido pelo fabricante, devendo ser maior que 67% (8).

Dispondo-se das garantias de CaO e MgO do corretivo, o valor do PN do calcário pode ser calculado com os índices da [Tabela 6](#). Por exemplo, se o fabricante garante no corretivo 32% de CaO e 12% de MgO, tem-se:

$$\text{PN do CaO} = 32\% \times 1,79 = 57\%$$

$$\text{PN do MgO} = 12\% \times 2,48 = 30\%$$

**O PN do corretivo será a soma:**

$$\text{PN} = 57\% + 30\% = 87\%$$

Tabela 6 - Poder de neutralização (E  $\text{CaCO}_3$ ) e quantidades que corrigem a mesma quantidade de ácidos que uma tonelada de  $\text{CaCO}_3$  dos principais compostos presentes em corretivos.

| Composto               | Fórmula           | PN  | Quantidade equivalente |
|------------------------|-------------------|-----|------------------------|
|                        |                   | %   | Kg                     |
| Carbonato de cálcio    | $\text{CaCO}_3$   | 100 | 1000                   |
| Carbonato de magnésio  | $\text{MgCO}_3$   | 119 | 840                    |
| Hidróxidos de cálcio   | $\text{Ca(OH)}_2$ | 135 | 741                    |
| Hidróxidos de magnésio | $\text{Mg(OH)}_2$ | 172 | 581                    |
| Óxidos de cálcio       | $\text{CaO}$      | 179 | 559                    |
| Óxidos de magnésio     | $\text{MgO}$      | 248 | 403                    |

#### 4.1.1 2. Velocidade de reação dos corretivos nos solos

O calcário em pó muito fino, a cal virgem e a cal apagada reagem com o solo rapidamente; se bem misturados com o solo, reagem completamente e portanto, corrigem a acidez, em cerca de um a dois meses, desde que o solo esteja úmido.

Contudo, os calcários comerciais geralmente não são moídos o suficiente para que todas as partículas sejam um pó muito fino. Isto encareceria demais o preço do calcário, devido ao elevado custo da moagem. Os calcários agrícolas têm geralmente partículas de vários tamanhos, desde pó muito fino até partículas de 2 mm de diâmetro (a legislação tolera no máximo 5% de partículas com diâmetros maiores que 2 mm). Quanto maior o diâmetro das partículas de calcário, tanto maior é o tempo necessário para reação com os ácidos dos solos, como pode ser observado na [Figura 6](#).

As pesquisas têm mostrado que, em média, apenas 20% do calcário com partículas entre 2,00 e 0,84 mm (passando na peneira 10 e retido na peneira 20) reage no solo em dois a três anos. Neste período, reagem 60% das partículas entre 0,84 mm e 0,30 mm (passando na peneira 20 e retido na peneira 50). Partículas de calcário menores que 0,30 mm reagem completamente em aproximadamente 6 meses, quando bem misturadas com o solo úmido. Por outro lado, partículas maiores que 2 mm não tem efeito sobre a acidez do solo.

Estes índices de eficiência na correção da acidez conforme o tamanho das partículas permite calcular a **Reatividade (RE)** do calcário. Por exemplo, se no fracionamento de uma amostra de 100 g for determinado que 55 g passam na peneira 50, (diâmetro de orifícios de 0,30 mm), 27 g são retidos na peneira 50 mas passam na peneira 20 (0,84 mm), 15 g são retidos na peneira 20 mas passam na peneira 10 (2,00 mm) e 3 g são retidos na peneira 10, a reatividade do calcário será:

$$\text{RE} = (55 \times 1,0) + (27 \times 0,6) + (15 \times 0,2) + (3 \times 0,0)$$

$$\text{RE} = 74,2$$

A reatividade de 74,2 indica que somente 74.2% das partículas deste calcário reagem no solo num período de dois a três anos. A legislação brasileira (8) estabelece que no mínimo 50% do calcário deve passar em peneira 50 e 70% em peneira 20.

Calcários moídos finamente, de modo a passar totalmente em peneira 50, são comercializados, às vezes, com o nome de "filler". Este tipo de calcário é recomendável quando se necessita de uma ação mais rápida do corretivo, como pode ser observada na [Figura 6](#). Contudo, seu preço é geralmente muito alto devido aos custos da moagem maior em relação aos calcários comuns. Deve-se ter em mente que todos os calcários apresentam certa quantidade de partículas muito finas que reagem rapidamente com o solo. O calcário por "filler" por ser muito fino, é de mais difícil aplicação na lavoura e sujeito a perdas em dias de vento.

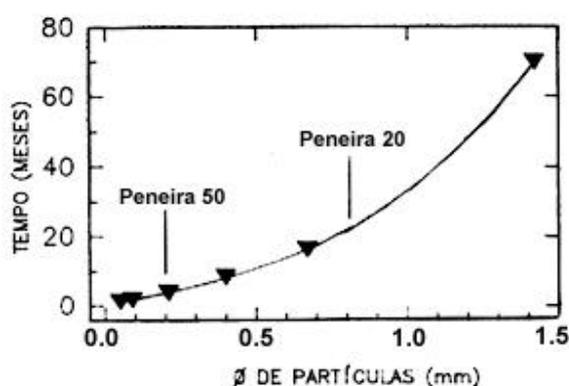


FIGURA 6

Tempo necessário para o calcário de diversas granulometrias atingir a eficiência de 100% em relação ao CaCO<sub>3</sub> (pó), a campo (9).

#### 4. 1. 1. 3. 0 índice PRNT e a qualidade do calcário

A qualidade do calcário, como já foi visto, é afetada tanto pelas suas características químicas representadas pelo PN (ou E CaCO<sub>3</sub>), como pelas suas características físicas ou grau de moagem, representadas pela RE. A qualidade final do calcário como corretivo da acidez do solo é dada pela combinação do seu PN e da sua RE no índice conhecido como **Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)**, de acordo com a fórmula:

$$\text{PRNT} = (\text{PN} \times \text{RE})/100$$

Por exemplo, se um calcário tem PN = 87% e RE = 75.6%, o seu PRNT será:

$$\text{PRNT} = (87 \times 75,6)/100 = 65,8\% = 66\%$$

O PRNT de 66% indica que uma tonelada deste calcário terá, em dois a três anos, o mesmo efeito de correção da acidez do solo que 660 kg de CaCO<sub>3</sub> puro finamente moído. O PRNT, portanto, indica a proporção do total do calcário que efetivamente corrige a acidez do solo num período de dois a três anos. Assim, para se corrigir a acidez de um solo, deve-se usar tanto mais calcário quanto menor for o seu PRNT. Por exemplo, para corrigir a mesma acidez de um solo que uma tonelada de calcário com PRNT = 100% corrige, são necessárias 1,25 toneladas de

calcário com PRNT = 80% ou 1,67 toneladas de calcário com PRNT = 60%, como será visto adiante.

Com a finalidade de disciplinar a comercialização do calcário e garantir a qualidade do produto adquirido pelo agricultor, a legislação brasileira atual (8) adota quatro faixas de variação de PRNT de calcários, a saber:

**Faixa A - calcário com PRNT entre 45,0 e 60,0 %;**

**Faixa B - calcário com PRNT entre 60,1 e 75,0 %;**

**Faixa C - calcário com PRNT entre 75,1 e 90,0 %;**

**Faixa D - calcário com PRNT superior a 90,0 %.**

Calcários com PRNT menor que 45,0% não podem ser comercializados. Ao adquirir o corretivo, o agricultor deve exigir do fabricante a garantia de PRNT para poder calcular a quantidade correta a aplicar. Em caso de dúvida, pode ser enviada uma amostra para análise em qualquer laboratório da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e Tecido Foliar dos Estados do RS e SC (ROLAS), cuja relação consta do [Anexo 1](#).

#### **4.1.1.4. Teor de magnésio dos corretivos**

Outro fator a considerar na qualidade do corretivo é o seu teor de magnésio. É desejável que o corretivo apresente um teor de magnésio entre 1/5 e 1/2 do teor de cálcio, como nos calcários dolomíticos.

Para a maior parte das culturas, entretanto, o teor de Mg do corretivo pode variar dentro de limites muito amplos. Assim, não foi observada diferença em rendimento de soja em solo de cerrado deficiente em Mg, com a aplicação de corretivos variando a relação Ca:Mg entre os limites de 35:1 até 1:3 a campo (10).

#### **4.1.2. Custo do corretivo posto na lavoura**

Como o PRNT indica a porção do corretivo que realmente corrige a acidez dos solos, o agricultor deve escolher aquele que apresenta o menor custo posto na lavoura por unidade de PRNT ou seja, por tonelada de calcário efetivo. Este custo é composto pelo preço da unidade de PRNT e pelo preço do transporte e aplicação também da unidade de PRNT. Para o cálculo destes custos, divide-se o preço do calcário pelo seu PRNT e multiplica-se por 100. A seguir soma-se este resultado ao valor obtido pela divisão do preço do transporte pelo PRNT multiplicado por 100. Por exemplo, se o preço da tonelada de um calcário com PRNT 70% é Cr\$ 2.000,00 e o preço do transporte e aplicação é de Cr\$ 1.000,00 por tonelada tem-se:

$$\begin{aligned}\text{Preço ton. efetiva} &= (\text{Cr\$ } 2.000,00)/70 \times 100 = \text{Cr\$ } 2.857,10 \\ \text{Preço transp. ton. efetiva} &= (\text{Cr\$ } 1.000,00)/70 \times 100 = \text{Cr\$ } 1.428,60 \\ \text{Soma} &= \text{Cr\$ } 4.285,80\end{aligned}$$

O custo da tonelada efetiva deste calcário posto na lavoura é, portanto, Cr\$ 4.285,80.

Quanto mais distante do local de produção de corretivos for a propriedade do agricultor, tanto

mais importante se torna o custo do transporte e mesmo mais caros, os corretivos com PRNT mais altos tendem a proporcionar custos finais postos na lavoura mais baixos, devido aos menores gastos com transporte.

Devido a uma relação entre preço e qualidade mais favorável, o calcário tem sido o corretivo mais usado no Brasil. Contudo, com a contínua elevação desproporcional do custo dos transportes verificada nos últimos tempos, é possível que calcários calcinados e cal virgem, apesar de mais caros, venham a se tornar corretivos importantes nas regiões mais distantes das fontes de produção de corretivos.

Ao considerar a cal virgem ou a cal apagada na escolha do corretivo, o agricultor deve lembrar que ambas reagem rapidamente com o solo, mas podem causar problemas de irritação nos olhos e na pele durante a aplicação no solo.

#### **4.2. Quantidade de corretivo necessário**

O corretivo que se aplica no solo é consumido principalmente pelo alumínio trocável e pela matéria orgânica do solo. Após a reação com o corretivo, o alumínio é neutralizado, a matéria orgânica e outros componentes do solo incorporam o cálcio e o magnésio do corretivo e o pH do solo aumenta. Quanto menor o pH e maiores os teores de alumínio e de matéria orgânica do solo, tanto maior é a quantidade de corretivo necessário para corrigir a acidez. Como os solos variam muito em pH, alumínio, matéria orgânica, etc" também variam as suas necessidades de corretivo: desde zero como em solos com pH ao redor de 6 ou maior, até 15 ou mais toneladas de calcário/ha em solos muito ácidos. Nas mesmas condições de pH, os solos arenosos geralmente possuem teores menores de alumínio e de matéria orgânica e, portanto, tem necessidades de corretivo menores que os solos argilosos.

O agricultor visa com a calagem aumentar a renda de sua propriedade. Portanto, as quantidades de corretivo que deve usar são as que lhe proporcionam o maior retorno econômico possível no período de tempo em que explorar a terra. As quantidades de corretivo economicamente mais vantajosas devem ser determinadas através de pesquisas regionais, pois as condições econômicas, os solos, as culturas, o clima, o tipo de exploração da terra, etc., são diferentes entre as várias regiões do País.

As pesquisas executadas no Brasil deram origem a três critérios principais de calagem, cada um mais adequado e empregado em regiões específicas: 1) elevação do pH do solo a valores mais adequados ao rendimento econômico das culturas, como nos estados da saturação de bases (cálcio e magnésio) do solo a + ou - 70%, como no estado de S. Paulo; 2) neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio + magnésio no solo a 2 me/100 g, adotado em outros estados. Estes critérios são válidos para a maioria das culturas. Para culturas pouco sensíveis à acidez, como o trigo, por exemplo, ou para culturas muito sensíveis como a alfafa, ou ainda para culturas sujeitas a doenças em solos com pH mais alto, como a batatinha, os critérios são modificados e ajustados às exigências das plantas.

Freqüentemente, em uma sucessão ou rotação de culturas, uma das culturas é menos sensível à acidez, e portanto, necessita calagens menores que as outras. Neste caso a calagem deve ser feita

tendo em vista as culturas mais rendosas da rotação, as quais são geralmente as mais exigentes e que necessitam de quantidades maiores de calcário.

A análise de solo é o processo mais prático e mais utilizado para determinar a quantidade de calcário necessária para corrigir a acidez do solo. Em cada estado, os laboratórios usam os métodos de análise mais adequados aos critérios de calagem adotados. Assim, para saber a necessidade de calcário de suas terras, o agricultor deve retirar amostras de solos representativas das várias áreas da propriedade e enviá-las para um laboratório de análises de solos. As amostras de solos devem ser enviadas ao laboratório, de preferência, uns seis meses antes da semeadura. Isto é importante para que o agricultor, após receber os resultados das análises, tenha tempo de providenciar os trâmites referentes a financiamento bancário, escolha e compra do corretivo e também aplicar o corretivo no solo alguns meses antes da semeadura.

Em alguns estados, os boletins ou laudos de análises de solos expedidos pelos laboratórios fornecem diretamente a necessidade de calcário em toneladas/ha. Em outros estados, porém, nos boletins de análises constam apenas índices químicos da acidez do solo. Neste último caso, o agricultor deve consultar um técnico para interpretar os resultados da análise e calcular a quantidade de calcário. Nos dois casos, a necessidade de calcário se refere a calcário com PRNT = 100%. Se o agricultor usar calcário com PRNT menor que 100%, o que é mais comum, deverá usar quantidades maiores, que são calculadas multiplicando-se a necessidade de calcário por um fator de correção, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Calcário a usar} = \text{necessidade de calcário} \times 100/\text{PRNT}$$

Na [Tabela 7](#) são dados os fatores de correção (100/PRNT) da necessidade de calcário em função do PRNT.

Alguns solos com teores muito elevados de alumínio e de matéria orgânica, que ocorrem em zonas de maior altitude no RS, SC e PR, apresentam necessidades de calcário muito altas: 12, 15 ou mais toneladas de calcário/ha. O uso destas quantidades de calcário certamente proporcionará bons rendimentos das culturas. Contudo, o valor da produção agrícola resultante também terá que ser alto para compensar os gastos elevados com a calagem. Uma análise econômica indicará a viabilidade do investimento.

As recomendações de calcário feitas pelos laboratórios são baseadas em análises executadas nas amostras de solo. Portanto, é importantíssimo que a amostra seja muito bem coletada e que seja bem representativa da área de terra em que será feita a calagem. As análises de amostras mal coletadas apresentam necessidade de calcário ou menores ou maiores que as reais. Nos dois casos o agricultor terá prejuízos, pois usará muito pouco calcário ou calcário em excesso. Usando pouco calcário, os rendimentos das culturas serão menores que os esperados, pois a calagem é insuficiente para corrigir adequadamente a acidez. No segundo caso, o uso excessivo de calcário, uma "super calagem", pode provocar deficiências de alguns nutrientes como o zinco, boro e mesmo o fósforo e, com isto, os rendimentos das culturas também podem ser severamente prejudicados.

Para evitar estes e outros problemas, o agricultor deve procurar sempre a orientação de um

técnico.

Tabela 7 - Fatores de correção da necessidade de calcário, de acordo com o PRNT do calcário

| PRNT | Fator |
|------|-------|
| 115  | 0,87  |
| 110  | 0,91  |
| 105  | 0,95  |
| 100  | 1,00  |
| 95   | 1,05  |
| 90   | 1,11  |
| 85   | 1,18  |
| 80   | 1,25  |
| 75   | 1,33  |
| 70   | 1,43  |
| 65   | 1,54  |
| 60   | 1,67  |
| 55   | 1,82  |
| 50   | 2,00  |

#### 4.3. Época de aplicação do corretivo no solo

Com a calagem o agricultor procura eliminar os problemas de acidez dos seus solos de modo que as culturas não sofram limitações no seu desenvolvimento e, portanto, proporcionem altos rendimentos. As plantas são especialmente sensíveis à acidez dos solos quando novas, principalmente logo após a germinação. Por isto, é importante que a acidez do solo esteja, pelo menos em grande parte, já corrigida ao se verificar a germinação das sementes. Como os corretivos levam um certo tempo para reagirem com os ácidos do solo, é necessário que a calagem seja feita também um certo tempo antes da semeadura. Quando se utiliza calcário para a correção, o ideal é fazer a calagem de três a seis meses antes da semeadura. O calcário do tipo "filler", a cal virgem e a cal apagada reagem rapidamente com o solo e podem ser aplicados até um mês antes da semeadura.

Nas regiões onde logo após a colheita de uma cultura é imediatamente semeada outra (duas culturas por ano), como no RS e SC, a calagem só pode ser feita no curto intervalo de tempo entre uma cultura e outra. Neste caso, não se deve esperar todos os benefícios da calagem na primeira cultura mas sim nas culturas seguintes. Nos solos com alta necessidade de calcário deve-se evitar o uso de cal virgem ou cal apagada na calagem, se a semeadura tiver que ser feita apenas uma ou duas semanas após a calagem, pois poderá haver problema de germinação das sementes, devido ao efeito cáustico da cal.

A prática de fazer a aplicação parcelada do calcário necessário em dois ou mais anos, isto é, parte do calcário no primeiro ano, parte do calcário no segundo, parte no terceiro, etc., não é vantajosa. Quando é feito o parcelamento, as primeiras culturas terão seus rendimentos limitados pela acidez do solo que não foi corrigida. Além disto, os gastos com aplicação aumentam. No

período de três a cinco anos de efeito maior da calagem, os lucros totais do agricultor serão menores se o calcário for aplicado parceladamente ao invés de aplicado de uma só vez.

#### **4.4. Modo de aplicação do corretivo no solo**

Os corretivos reagem no solo principalmente pelo contato de suas partículas com os ácidos do solo. Por isto, os corretivos devem ser muito bem misturados com o solo, de modo que todos os ácidos possam ser neutralizados. As necessidades de corretivo determinadas pelos laboratórios são calculadas para uma mistura com o solo até 15-20 cm de profundidade, que é a profundidade comum de lavração e onde se encontra a maioria das raízes das plantas.

##### **4.4.1. Distribuição do corretivo na superfície do solo**

Uma aplicação de corretivo que resulta em boa mistura do mesmo com o solo começa pela sua distribuição uniforme na superfície do solo, de modo que não apareçam faixas ou manchas com excesso ou falta de corretivo.

O equipamento a ser utilizado para a distribuição do corretivo varia com a quantidade a aplicar por hectare e a área total a corrigir. Em áreas pequenas como hortas e pequenas propriedades, o corretivo pode ser espalhado manualmente na superfície do solo. A adubadeira a lanço ou em linhas pouco espaçadas (de trigo, por exemplo) podem ser utilizadas com alguns cuidados. Em grandes lavouras são utilizados caminhões espalhadores equipados com distribuidor centrífugo que possibilita uma aplicação uniforme numa faixa de 5-10 metros. Este é, entretanto, um equipamento caro, geralmente só disponível nas cooperativas. No RS é muito comum a utilização de uma adubadeira de pastagem (ou de trigo) acoplada à carroceria do caminhão, com tomada de força na roda traseira deste. Vários homens carregam continuamente a adubadeira com o corretivo transportado a granel no caminhão.

Na distribuição do corretivo com máquinas, deve-se ter especial cuidado nas chamadas cabeceiras de lavoura, não permitindo que as máquinas, ao fazerem a volta, passem sobre o mesmo local duas ou mais vezes largando corretivo. Se isto ocorrer, haverá excesso de corretivo nestes locais.

Nos casos em que o calcário é transportado a granel até a lavoura para aplicação posterior, deve-se depositá-lo em áreas não cultivadas, do contrário o solo de lavoura ficará manchado com excesso de corretivo no local de depósito.

##### **4.4.2. Incorporação do corretivo no solo**

Após a distribuição, o corretivo deve ser incorporado no solo através de lavração a 15-20 cm de profundidade, a qual deve ser seguida de gradeação. Para quantidades de corretivos superiores a 5 t/ha, deve-se distribuir a metade do corretivo antes da lavração e a outra metade após a lavração e antes da gradeação. Se este processo não é possível pode se distribuir todo o corretivo, a seguir gradear, lavar e gradear novamente.

Dependendo das condições de tempo e maquinaria disponível, há outras possibilidades para a

aplicação do corretivo. O importante é que a incorporação seja a mais uniforme possível e a uma profundidade de 15-20 cm. A incorporação do corretivo apenas com gradeação ou com "pé de pato" seguido de gradeação, isto é, sem o uso do arado, deve ser evitada, pois o corretivo se encontra em uma camada pouco profunda (ao redor de 5-10 cm). As raízes tendem a se concentrar nesta camada superficial, ficando as plantas muito sujeitas à falta de água, mesmo em períodos curtos de estiagem. Outro problema causado pela incorporação muito superficial do corretivo é o valor muito alto que o pH da superfície do solo pode atingir. Em certas culturas isto facilita o aparecimento de moléstias que são beneficiadas pelo pH alto do solo, como o "mal do pé" do trigo e a sarna da batatinha.

Incorporações profundas do corretivo, de 30 a 40 cm de profundidade, são geralmente benéficas para as culturas, pois favorecem um maior desenvolvimento das raízes. Os benefícios da incorporação profunda do corretivo são tanto maiores quanto mais a região for sujeita a estiagens prolongadas, como os "veranicos" do Brasil-Central, por exemplo. Contudo, a incorporação profunda raramente é usada, pois os seus custos são muito altos, o que a torna geralmente antieconômica.

O gesso ( $\text{CaSO}_4$ ), que não é um corretivo de acidez, está sendo pesquisado no Brasil em substituição à calagem profunda, devido a sua capacidade de aumentar a migração do cálcio da camada arável até camadas mais profundas do solo. Para isto, o gesso é incorporado na camada arável do solo na prática que está sendo denominada de "gessagem". Com o passar do tempo, ocorre o aumento do cálcio no subsolo, o qual contrabalança, pelo menos em parte, os efeitos negativos do alumínio, permitindo assim maior crescimento das raízes, porém sem provocar alterações no pH do solo.

A aplicação de pequenas quantidades (150 a 450 kg/ha) de calcário fino (tipo "filler") nas linhas de semeadura de soja, em substituição à calagem, é utilizada por muitos agricultores no sul do País, principalmente arrendatários, visando diminuir os custos de produção. Os rendimentos de soja com esta prática são maiores do que os obtidos sem nenhum calcário, mas são menores que os obtidos com a calagem tradicional recomendada pelos laboratórios. Assim, com o uso de apenas calcário na linha, o agricultor deixa de colher o que seria possível com a calagem tradicional e, portanto, sua renda é menor. Contudo, algumas pesquisas recentes no RS têm mostrado que é possível obter os mesmos rendimentos altos de soja proporcionados pela calagem tradicional, com o uso de apenas metade da quantidade de calcário recomendada para corrigir o solo, mais a aplicação de 450 kg/ha de calcário fino na linha de semeadura em cada novo cultivo. Não há aparentemente informações de pesquisa sobre esta prática em outros estados e em outras culturas. Portanto, é aconselhável que a mesma não seja usada indiscriminadamente, sem a devida orientação de um técnico.

O efeito benéfico da calagem é mais seguramente obtido pela utilização do método convencional de misturar bem o calcário com o solo. Embora o investimento inicial seja maior, o retorno é garantido, não sendo necessário aplicar calcário todos os anos. Em 1 a 2 anos de cultivo o calcário se paga pelo aumento do rendimento das culturas. O calcário é um dos insumos mais baratos da agricultura moderna, com a vantagem de ser produzido no Brasil.

A aplicação superficial de corretivos sem incorporação no solo não é recomendada para culturas anuais. Contudo pastagens já estabelecidas em solos ácidos podem ser sensivelmente melhoradas

com a simples distribuição superficial de calcário sobre a pastagem, sem revolvimento posterior do solo. Aumentos no rendimento de pasto de até 50% foram obtidos em pesquisas no RS com a calagem superficial de pastagens. Além do aumento do rendimento total de pasto, a calagem superficial aumenta também a proporção de leguminosas, o que melhora a qualidade da pastagem. Os poucos trabalhos de pesquisa neste assunto indicam que para a calagem superficial de pastagens deve-se usar entre a metade e uma vez a quantidade de corretivo indicado para a correção do solo pelo método tradicional de calagem. Obviamente, a calagem superficial de pastagens estabelecidas não proporcionará os benefícios esperados se não for acompanhada das adubações necessárias.

Em locais sujeitos a estiagens, a calagem superficial poderá proporcionar menores efeitos benéficos nas pastagens do que nos locais com chuvas bem distribuídas. Como visto anteriormente, a calagem superficial promove um desenvolvimento também superficial das raízes, o que torna as plantas mais suscetíveis à falta d'água.

## 5. CAUSAS DO INSUCESSO DA CALAGEM

Em alguns casos a calagem não traz os benefícios esperados pelo agricultor: os rendimentos das culturas podem não aumentar ou até mesmo diminuir com a calagem. Muitos fatores podem causar o insucesso da calagem. Os mais freqüentes são apresentados a seguir.

### 5.1. O solo não necessita de calagem

Em solos com pH maior que 6 raramente se obterão aumentos de rendimentos com a calagem. Neste caso o solo já possui um pH adequado e não necessita da calagem.

### 5.2. Falta de adubação

A calagem não substitui a adubação. Ela apenas aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes das plantas como o fósforo, molibdênio, enxofre e nitrogênio e, por isto, diminui as quantidades necessárias dos mesmos na adubação. Se o solo é deficiente em um ou mais dos nutrientes das plantas e não for feita a adubação correspondente, a calagem pode não aumentar os rendimentos das culturas conforme o esperado.

A calagem de solos deficientes em micronutrientes, cuja disponibilidade diminui com a calagem, como o boro e o zinco, pode provocar até diminuição dos rendimentos das culturas. Contudo a calagem em conjunto com a adubação com o micronutriente que está em deficiência, provoca sensíveis aumentos de rendimentos como se pode ver pelos dados da [Tabela 8](#), obtidos em SP com algodão.

Tabela 8 - Efeitos da calagem e da adubação com boro nos rendimentos de algodão no 2º ano após a calagem. (11)

| Calagem | Adubação com boro |     |
|---------|-------------------|-----|
|         | Sem               | Com |
|         | Kg/ha             |     |

|     |      |      |
|-----|------|------|
| Sem | 2595 | 2945 |
| Com | 2385 | 3770 |

### 5.3 Uso de quantidade insuficiente ou excessiva de calcário

As quantidades de calcário necessárias para a correção da acidez variam entre os solos: alguns necessitam de apenas 1 t/ha, ao passo que outros necessitam de até 10 t/ha ou mais. A calagem traz os maiores benefícios quando se utiliza a quantidade adequada de calcário a cada solo. Quantidades menores que as necessárias aumentam pouco os rendimentos das culturas. O uso de quantidades excessivas de calcário, uma "super calagem", além de ser um desperdício, geralmente provoca diminuição dos rendimentos devido ao aparecimento de deficiências de micronutrientes como zinco, boro, manganês, etc. Se por acaso ocorrer uma "super calagem", a solução mais simples para eliminar os seus efeitos negativos é a lavração da terra a uma profundidade maior que a habitual: 30 a 40 cm. Com isto o calcário é misturado com maior quantidade de solo e os efeitos negativos desaparecem.

### 5.4. Distribuição e incorporação desuniforme de calcário no solo

Se o calcário é distribuído e incorporado desuniformemente no solo, alguns pontos recebem quantidades excessivas e outros quantidades muito baixas. Como nas duas situações os rendimentos são prejudicados, o resultado final da distribuição e incorporação desuniforme do calcário é uma falta de efeito ou mesmo um efeito negativo da calagem. O calcário para apresentar todos os seus efeitos benéficos deve ser distribuído e incorporado uniformemente no solo.

### 5. 5. Uso de calcário de baixa qualidade

Calcário mal moído e com baixos teores de cálcio e de magnésio não corrige adequadamente a acidez dos solos. O uso destes calcários sem a devida correção do PRNT geralmente não traz os benefícios esperados sobre os rendimentos das culturas, principalmente no primeiro ano.

### 5. 6. Cultivo de plantas tolerantes à acidez

Algumas espécies e mesmo cultivares de uma mesma espécie são mais tolerantes à acidez que outras. Plantas como as cultivares brasileiras de trigo, a mandioca, o cacauzeiro, etc., são pouco sensíveis à acidez. Em solos pouco ácidos, com pH entre 5,5 e 6 a calagem geralmente não aumenta significativamente os rendimentos destas culturas. Contudo, em solos muito ácidos, com altos teores de alumínio e manganês, a calagem é benéfica e necessária mesmo para plantas tolerantes à acidez.

### 5. 7. Doenças das culturas

São conhecidos casos em que a calagem provoca ou agrava o aparecimento de problemas com doenças de algumas culturas. Um exemplo é o da cultura da batatinha, para a qual a elevação do pH do solos até 5,5 aumenta os rendimentos. Porém, calagens que aumentam o pH acima de 5,5

podem causar o aparecimento da sarna da batatinha, o que prejudica a qualidade e o rendimento da cultura. Na cultura da mandioca, segundo pesquisas executadas em SC, a calagem de solos argilosos pode favorecer o aparecimento da podridão mole das raízes a qual diminui o rendimento de raízes da cultura. Na cultura do trigo, a doença de raízes conhecida como "mal do pé" é também favorecida em solos com pH acima de 5,5-6,0. Contudo, estas doenças geralmente não se constituem em problema, mesmo que o solo tenha pH ao redor de 6, se for observado um sistema de rotação de culturas em que as plantas suscetíveis não sejam cultivadas por período de dois a quatro anos na mesma área.

A melhor maneira de tirar o máximo proveito e evitar possíveis insucessos da calagem é seguir as orientações de um técnico habilitado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - SILVA, V. P. S. Efeitos da aplicação de calcário, fósforo e potássio no estabelecimento e produção de alfafa (**Medicago Sativa, L**) num Solo Laterítico Bruno Avermelhado Eutrófico (Altos das Canas). Tese (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1973. 100p.

2 - LOBATO, J. F. P. Comportamento de consorciações de gramíneas temperadas com leguminosas quando implantadas em pastagem natural submetida a preparo superficial do solo, sob o e feito de quatro doses de calcário e dois métodos de semeadura. Tese (Mestr. Agron. - Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1972. 129p.

3 - OLIVEIRA, O. L. P. Efeito de calcário e métodos de semeadura no comportamento de espécies temperadas quando introduzidas em pastagem natural submetida a preparo superficial do solo. Tese (Mestr. Agron. - Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1974. 90 p.

4 - MIELNICZUK, J. Economicidade da calagem. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M., Coord. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.63-77.

5 - VIDOR, C. Toxidez de alumínio e manganês e suas relações com a nodulação, rendimento e absorção de manganês por soja. Tese (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1972. 71 p.

6 - SIQUEIRA, O. J. F. de. Resposta de soja e trigo à aplicação de calcário em solos ácidos no Rio Grande do Sul, Brasil (em inglês), Tese (Ph.D. - Fertilidade do Solo) Iowa State University, Ames, EUA, 1980. 224 p.

7 - CRUZ, E. S. Efeito residual da calagem em solos de diferentes classes texturais. Tese (Mestr. Agron. Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1977. 102 p.

8 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária). Portaria nº 03 de 12 de julho de 1986.

9 - PANDOLFO, C. M. & TEDESCO, M. J. 1988. Eficiência relativa de diferentes frações de calcário (não publicado)

10 EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1981 Relatório Técnico Anual. Centro de Pesquisas dos Cerrados. Planaltina. vol.5. 190 p.

11 - CARVALHO, L. H. Efeito da calagem e da adubação boratada sobre algodoeiro (**Gossypium hirsutum** L.) cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa. Campinas, Fundação Cargill, 1981.

12 - DRESCHER, M.; M. J. TEDESCO & S. J. VOLKWEISS. 1990. Avaliação da fertilidade e necessidade de corretivos e fertilizantes dos solos do RS. Trabalho apresentado na XIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. S. Maria, RS. Julho, 1 990.

13 - BECKER, F. C. e outros. 1990. Contribuição ao desenvolvimento da produtividade agrícola no RS Plano plurianual de calagem. Sindicato das Indústrias e da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras no Estado do RS.

Além dos autores citados diretamente no texto, foram ainda consultados e apresentados resultados experimentais que constam nas seguintes publicações:

MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C., Ed. A soja no Brasil. s.l.,s.ed., 1981. 1062 p.

RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M., Coord. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 361 p.

VOLKWEISS, S. J. & LUDWICK, A. E. O melhoramento do solo pela ca/agem. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1969. 30 p. (Boletim Técnico nº 1).