



**CORREÇÃO DO PERFIL DO SOLO: ESTRATÉGIA PARA MELHORAR O
AMBIENTE SOLO-PLANTA, AUMENTAR A PRODUTIVIDADE E
LUCRATIVIDADE DA ATIVIDADE RURAL**

Marcelo Raphael Volf, Thiago Henrique Neves, Agnaldo Cecatto, Carlos Sérgio Tiritan

PROBLEMÁTICA

O solo é o substrato para o crescimento das plantas, e como tal, é dinâmico e complexo, é um ambiente bifásico pois é tanto fonte como reservatório. É por meio dele que as plantas se fixam, recebem água e nutrientes, e assim são capazes de gerar, de forma direta ou indireta, fibras, grãos, carne ou energia. A correção dos solos é o primeiro passo para que isso aconteça, em especial em solos tropicais que tem características de baixa fertilidade e acidez potencial.

As plantas são organismos altamente eficientes em converter água, luz e nutrientes em biomassa e conseqüentemente no produto de interesse. Porém, necessitam de ambiente que seja capaz de fornecer, de forma equilibrada, os elementos essenciais como o carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), boro (B), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). O desequilíbrio ou a falta de qualquer um desses, pode causar baixa produtividade ou até a morte das plantas. A correção de solo não deve somente fornecer alguns desses elementos, ou a apenas corrigir da acidez potencial, mas sim construir a base sólida de uso racional e equilibrado de todos estes elementos. Sendo assim, os efeitos causados pela falta de boro (B), um nutriente requerido em pequenas quantidades, pode ser tão prejudicial quanto a falta de água ou excesso de luminosidade. Por outro lado, os solos corrigidos/equilibrado apenas em superfície (0-20 cm) podem limitar o crescimento das raízes em profundidade, e assim as plantas podem sofrer com qualquer período de déficit hídrico.

CONHECIMENTO PRÉVIO

A correção do perfil do solo, que consiste em melhora das características químicas e físicas, em maiores profundidades possíveis, pode ser uma ótima estratégia para proporcionar a exploração do ambiente e dos recursos naturais de forma mais eficaz, bem como, pode evitar perdas decorrentes de problemas climáticos, como falta de água (Sako et al., 2016) em especial em solos arenosos. Essa correção deve ser direcionada em adicionar os nutrientes, de forma o mais uniforme possível, ao menos até 60 cm de profundidade. Sendo assim, por meio do sistema radicular mais bem distribuído ao longo deste perfil, as plantas podem tornar-se mais eficaz na utilização do ambiente. Tal estratégias pode favorecer o alcance de altas produtividades



A correção do perfil do solo deve ser embasada no equilíbrio entre os nutrientes. A característica intrínseca a cada nutriente deve ser levada em consideração, como o potencial de lixiviação e fixação, e como consequência o poder de mobilidade no solo. Isso faz com que se tenha a necessidade de adequação do manejo para fornecer cada nutriente. Os que tem baixa mobilidade no solo devem ser incorporados, como o uso do equipamento adequado e com a adequação do cálculo de necessidade ao volume de solo, que esse irá ser incorporado. Os nutrientes de maior mobilidade podem ser aplicados a lanço, sem a necessidade de incorporação, no entanto, adequando a necessidade aos cuidados para minimizar os riscos com a lixiviação. Nesse sentido iremos focar no Ca que tem como dupla finalidade nutrição e correção de acidez.

O Ca é um importante nutriente para promoção do crescimento radicular e sua falta pode comprometer os pontos de crescimentos nas raízes (Ritchey et al., 1982; Zonta et al., 2006). A falta de Ca em profundidade pode prejudicar a distribuição do sistema radicular, fazendo com que as plantas fiquem mais susceptíveis a intempéries climáticas. Altas produtividades de soja (acima de 70 sc ha⁻¹) podem ser alcançadas por meio de teores de Ca em subsuperfície (0,8 – 1,0 m de profundidade) em torno de 1,0 cmmolc dm⁻³ (Sako et al., 2016). Teores de 0,8 cmmolc dm⁻³ foram suficientes para promover crescimento radicular na cultra da soja (Rosolem et al 1998). Teores de Ca, na camada de 0-0,2 m, acima de 2,5 cmmol podem promover maiores produtividades de milho (Costa, 2015). Em soja, produtividades superiores a 70 sc ha⁻¹, foram obtidas com Ca acima de 2,9 cmmol (Sako et al 2016).

Os principais produtos para correção ou condicionamento do solo, contendo Ca são calcário e gesso agrícola. Os calcários são fontes de CaO e MgO que tem potencial de correção de acidez por meio da dissociação do O e formação da hidroxila (OH⁻) que se associará ao H⁺ além de também se ligar ao Al³⁺ e neutralizá-lo. O gesso agrícola é composto por CaSO₄ (CaSO₄ + 2H₂O) que além de potencial condicionante do Al³⁺, pode fornecer Ca em profundidade, devido sua fórmula ser sulfato de cálcio, que é facilmente percolado no perfil.

Algumas metodologias são utilizadas para mensurar a necessidade de calcário e gesso. A maioria delas visando a correção da acidez potencial e ou condicionamento do alumínio. No entanto trataremos estes corretivos, neste documento, também como fonte de fertilizante, assim serão feitos cálculos visando adequação dos teores de Ca no solo. Para as recomendações de calcário que haja a necessidade de incorporação, focaremos no volume de solo a ser tratado. Enquanto para a recomendação da necessidade de gesso agrícola será levado em consideração o teor de Ca em subsuperfície e este será aplicado em superfície sem incorporação.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O experimento foi conduzido na fazenda Monte alegre, Nova Xavantina, MT em um latossolo Vermelho Amarelo Distroférrico de textura média arenosa (230 g kg⁻¹ de argila) e teor de matéria orgânica (M.O) de 17 g kg⁻¹. O



experimento foi composto por um delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições e cinco doses de calcário dolomítico (0; 2; 4; 8; 12 e 16 ton ha⁻¹). Após a aplicação do calcário foi feita a incorporação com o auxílio da grade aradoura de 34', a fim de incorporar a uma profundidade de 0,2 m. Foi cultivado soja nas parcelas, sendo semeada dia 15/11/2018. Foi feita a colheita dos grãos de soja na área útil das parcelas a fim de mensurar a produtividade. Após a colheita, o solo foi coletado, a profundidade de 0-0,2 m.

Para estimar o ganho imobiliário da terra após a correção, denominado como valor justo, referindo-se ao ganho de produtividade em decorrência desta correção, foi utilizado a equação 1.

$$[1] Valor Justo = \frac{(Prod f - Pr i)}{Cap rate (f)}$$

Onde *Valor Justo* é a valorização da terra devido a melhora química do solo que gerou o ganho de produtividade; *Prod f* produtividade máxima atingida; *Prod i* é produtividade do controle (menor valor de Ca); *Cap rate (f)* é o fator de correção baseado no rendimento marginal desejado, que neste caso foi utilizado 0,08 (ou seja 8%) ou seja, é o percentual imobiliário utilizado para se prever a taxa de renda anual que este imóvel gerará.

Para análise estatística, atendendo os pressupostos estatísticos, os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F. Quando significativo (teste F), procedeu-se à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de soja teve as médias ajustadas a uma equação quadrática em relação ao teor de Ca no solo, na profundidade 0- 0,2 m, com o ponto de máxima produtividade em 2,52 cmmol dm⁻³ (Figura 1). Inicialmente o solo tinha o teor de Ca acima de 1,6 e o V% acima de 50%, índices que podem ser considerados adequados (FUNDAÇÃO MT, 2016; Sousa e Lobato, 2004) mesmo assim houve acréscimo na produtividade com adição de Ca via calcário dolomítico. Assim pode-se inferir que solos arenosos tendem a proporcionar maiores produtividades, com teores de Ca em 0-0,2 m superiores 2,5 cmmol.

A atividade agrícola deve ser encarada como um negócio, e a terra e os meios de produção como uma empresa desse negócio. Assim, é certo que uma terra, como uma empresa, deve valer aquilo que ela produz de riqueza ao longo do tempo. Deste modo, estimando o quanto a correção de solo produz de ganho de produtividade em uma lavoura, podemos calcular a respectiva valorização da terra resultante desse ganho de produtividade a ser obtido.

O ganho de produtividade em decorrência da melhora química do solo, nesse caso do Ca, pode ser observado na Figura 1. Sendo assim, ao avaliar o ganho máximo de produtividade da soja (2549 kg ha⁻¹) relacionado ao teor de Ca no solo (2,52 cmmol dm⁻³) é possível comparar a valorização de uma área que sai de 1,88, para 2,52 cmmol dm⁻³, por meio da aplicação de calcário, e assim ter um ganho em produtividade de 249 kg ha⁻¹ (Figura 1). Portanto ao se aplicar esse ganho de produtividade (249 kg ha⁻¹) à fórmula 1, que fornece o valor justo de valorização da terra em função do acréscimo de produtividade, a qual foi decorrente do aumento no teor de Ca no solo, obtém-se um valor de

3.115 kg ha⁻¹ ou 52 sacas há⁻¹ de grãos de soja. Ou seja, é possível dizer que ao corrigir o teor de Ca desse solo de 1,88 para 2,52 cmmol dm⁻³, essa terra deverá ganhar, em termos de valor justo, 52 sacas de soja por hectare de valorização do imóvel rural.

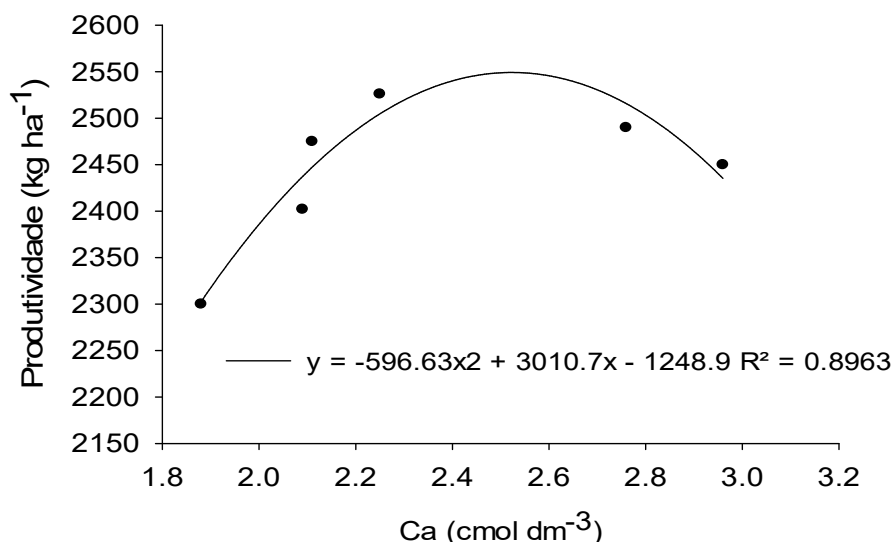


Figura 1. Produtividade de soja em relação ao teor de Ca no solo a 0-0,2 m de profundidade, após aplicação de calcário dolomítico, Nova Xavantiana, MT.

Para que atingir estes teores de Ca acima devemos ressaltar que para qualquer cálculo de calagem o objetivo é tratar volume de solo, ou seja, a quantidade de calcário a ser adicionado deverá, de alguma forma, levar em consideração o volume de solo ao qual esse será incorporado. Sendo assim, é necessário adequar a necessidade de calcário ao perfil de solo que esse será adicionado. Calagem com dose de calcário inadequada para o volume de solo que se deseja corrigir, pode gerar excesso de bases podendo acarretar problemas no equilíbrio químico do solo.

A Tabela 2 evidencia as doses necessárias de Ca, para atingir os teores de Ca a 3 cmmolc dm⁻³. As profundidades são tratadas de forma distintas pois a depender do manejo utilizado a dose deverá ser adequado a este. Tais manejos devem ser feitos com o equipamento adequado para que se consiga revolver o volume de solo proposto.

Manejos distintos devem ser adotados para corrigir cada profundidade do solo. A profundidade de 0-10 cm, onde é utilizado a grade niveladora para incorporação. Vale ressaltar que para esse perfil é possível atingir os objetivos de correção de solo e adição de Ca sem que haja a necessidade de incorporação, ou seja, a aplicação pode ser feita em cobertura. O manejo na profundidade de 0-20 cm está focado no uso de grade aradoura que seja capaz de revolver esta camada de solo, o que pode ser atingido com equipamento acima de 32”.



BOLETIM DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - UNOESTE



O manejo em uma só operação, ou seja, CaO para 0-40 cm (Tabela 2) tem uma necessidade do dobro de Ca do que 0-20 cm, devido ao dobro do volume do solo. Para promover este manejo será necessário um revolvimento e homogeneização do perfil, de tal forma que todo o produto aplicado seja realmente incorporado e misturado a todo esse volume de solo. Sendo assim a grade aradoura deverá ser suficientemente grande para promover esse trabalho, grades de 36" pode ser uma opção. A outra opção é corrigir esse perfil por meio da incorporação do produto de forma distinta para as duas porções de solo. Para isso utiliza-se a recomendação de 0-20 cm (tabela 2) e promove primeiro a incorporação com o arado de lveca, isso fará com que o solo deste perfil vá para 20-40 cm, já com o produto incorporado. Por outro lado, o que estava a 20-40 cm será depositado em 0-20 cm, então utiliza-se da quantidade de CaO para 20-40 cm (tabela 2) promovendo assim a incorporação com grade aradoura de 32". Isso fará com que se tenha uniformidade ao longo desse perfil sem a necessidade de equipamentos extremamente grandes.

O perfil de 40-60 tem um impedimento mecânico para se atingir o revolvimento de forma a se obter homogeneidade de incorporação adequada, então para adicionar Ca a esse perfil, pode-se utilizar o gesso agrícola, na dose que atinja a quantidade proposta na tabela 1. Além do que, como pode ser visto na Tabela 2, a quantidade de Ca pode ser menor neste perfil.

Tabela 1. Características químicas de um argissolo, utilizado para que se tenha a base para calcular a necessidade de calcário.

Prof (cm)	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P _(resina) -- mg dm ⁻³ --	S	H+Al	K	Ca	Mg	CTCe	CTCt	V %
							Cmol _c dm ⁻³				
0-20	5	13,1	12,1	0	19,5	0,7	1,3	0,6	2,5	3,9	47,1
0-10	5,4	15,3	12,7	0	17	1	1,9	0,8	3,7	4,5	62,3
10-20	4,6	10,9	11,4	0	22	0,4	0,6	0,4	1,4	3,2	31,9
20-40	4,4	8,6	10,6	0	22	0,2	0,4	0,3	0,9	1,9	24,4
40-60	4,2	6,7	9,5	0	21	0,1	0,2	0,3	0,6	2,6	20,4



Tabela 2. Quantidade necessária de cálcio em kg ha^{-1} , para atender o teor de Ca no solo de $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ utilizando os teores da Tabela 1 como referência.

Profundidade (cm)	Calcio (Ca) kg ha^{-1}			
	No solo	Necessidad	Adicionado_CaO	Adicionado_Gesso
0-10	380	600	308	
0-20	500	1200	980	
0-40	660	2400	1960	
20-40	160	1200	1456	
40-60*	80	300		220

*Para fornecer Ca a esse perfil foi utilizado o cálculo proposto por Caires e Guimarães (2018) com uma modificação, em vez de usar o perfil de 0,2 a 0,4 m como referência utilizamos 0,4-0,6 m.

APLICAÇÃO PRÁTICA

A aplicação de calcário, em solo arenoso cultivado com soja a vários anos, elevou os teores de Ca (cálcio) no solo, o que proporcionou acréscimo de produtividade dos grãos de soja. O pico de máxima produtividade se deu com o teor de Ca em $2,52 \text{ cmol dm}^{-3}$. Calagem a fim da obtenção de correção do Ca em profundidade deve obedecer a critérios que levem em consideração o volume de solo a ser corrigido. Cultivo de soja em solo arenoso requer correção de perfil visando a máxima homogeneidade possível do teor de Ca em profundidade. Vale ressaltar que somente este manejo, nesse ambiente com solo arenoso, não será suficiente para obtenção de altas produtividades. Assim é necessário sistemas de produção capazes de otimizar os escassos recursos desse ambiente, como por exemplo sistemas integrados de produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a fazenda Monte Alegre de propriedade do Eng^o. agrônomo Endrigo Dalcin, bem como a Dalcin Consultoria Agropecuária, pelo apoio e disponibilização da área para o estudo de campo.

LITERATURA CITADA

- Caires, E. F., Guimarães, A. M. A novel phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in Brazil. *Agronomy Journal* 110(5):1987–1995. 2018.
- Costa, C.H.M. 2015. Calagem superficial e aplicação de gesso em sistema plantio direto de longa duração: efeitos no solo e na sucessão milho/crambe/feijão-caupi (Tese)., Universidade Estadual Paulista., Botucatu, SP, Brazil.
- Crusciol, C.A.C., Costa, C.H.M., Castro, G.S.A., Volf, M.R. Manejo adequado da fertilidade do solo para uma agricultura sustentável no cerrado: Avanços e desafios. In. Flores, R.A.; Cunha, P.P. Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no cerrado. Goiânia: Gráfica UFG, 2016.



BOLETIM DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - UNOESTE



- Crusciol, C. A. C., Marques, R. R., Carmeis Filho, A. C. A., Soratto, R. P., Costa, C. H. M., Ferrari Neto, J., Castro, G. S. A., Pariz, C. M., Castilhos, A. M., and Franzluebbbers, A. J. Lime and gypsum combination improves crop and forage yields and estimated meat production and revenue in a variable charge tropical soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 115(3):347–372. 2019.
- FUNDAÇÃO MT. Boletim de pesquisa. 2016.
- Sako, H.; Alves, M., Moraes, M.F., Teixeira, W.W.R., Silva, R.O.L., Shiozaki, E.A. Fatores decisivos para se obter produtividade de soja acima de 4.200 kg/ha. CESB,. 29 p. (Circular Técnica). 2016.
- Ritchey, K.D., Silva, J.E., Costa, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savana oxisols. *Soil Science*, v.133, p.378-382, 1982.
- Rosolem, C. A., Marcello, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. *Scientia agricola*, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.
- Sousa, D. M. G., Iobato, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica,. 416p. 2004.
- Zonta, E., Brasil, F.C., Goi, S.R., da Rosa, M.M.T. O sistema Radicular e sua interações com o ambiente In: Fernandes, M.S, editores. *Nutrição mineral de plantas*. 1nd ed. Viçosa: SBCS;. p. 8-45. 2006