

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331164979>

# Estratégias de manejo para o incremento da eficiência do uso da água no Sistema Plantio Direto

Article · October 2014

CITATIONS

0

READS

66

2 authors, including:



**Telmo Jorge Carneiro Amado**

Universidade Federal de Santa Maria

261 PUBLICATIONS 3,712 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



soil carbon [View project](#)



Soil electrical conductivity as a tool for delimitation of management zones in precision agriculture [View project](#)

# Estratégias de manejo para o incremento da eficiência do uso da água no Sistema Plantio Direto

Douglas Dalla Nora<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>

## Introdução

O Sistema Plantio Direto (SPD) tem se mostrado um sistema poupador de mão-de-obra, tempo, máquinas agrícolas, diesel e que tem proporcionado a implantação das culturas na época preferencial, viabilizando em muitas regiões a realização da safra/safrinha. Além de proporcionar a redução das perdas de solo, de acordo com a cobertura mantida sobre a superfície do solo, e das perdas de água, dependendo da qualidade do manejo adotado.

Os resultados positivos proporcionados pelo SPD implicaram em uma grande expansão do sistema, alcançando área superior a 30 milhões de hectares (CAIRES, 2013). Contudo, o incremento da armazenagem de água no solo e da eficiência do uso da água pelas culturas sob SPD é um processo complexo e dependente de uma interação de fatores tais como: relevo, tipo de solo, regime de precipitação, rotação de culturas e qualidade do manejo adotado. Frequentemente, a melhoria da qualidade química sob SPD, notadamente em Latossolos ácidos, têm se restringido às camadas superficiais, criando um perfil não favorável ao aprofundamento radicular elevando o risco ao estresse hídrico de curta duração (BLANCO-CANQUI; LAL, 2008;

DALLA NORA; AMADO, 2013). Esse gradiente de redução da qualidade química em SPD possui elevada importância no RS por ser um dos Estados brasileiros que registra maiores perdas de produção agrícola em decorrência de recorrentes estresses hídricos de variada intensidade. A presença da compactação também compromete a distribuição e o comprimento das raízes. Quando os dois processos ocorrem simultaneamente a eficiência do uso da água será severamente comprometida (Figura 1).

As cultivares de soja e os híbridos de milho atualmente utilizados destacam-se pelo potencial de produtividade, apresentando ainda a característica de precocidade, o que os torna mais sensíveis à oferta ambiental, principalmente quanto à disponibilidade hídrica. Assim, para evitar a instabilidade temporal da produtividade das cultivares modernas a manutenção/melhoria da qualidade do solo torna-se ainda mais crítica, uma vez que as cultivares mais antigas possuíam ciclo mais longo, maior rusticidade e menor potencial produtivo (Embrapa, 2013). Portanto, neste contexto o desafio da formação de um perfil com características favoráveis ao enraizamento torna-se um tema atual para a maioria das lavouras manejadas sob SPD no RS.

---

<sup>1</sup>Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.  
e-mail: douglasdnpg@gmail.com

<sup>2</sup>Professor Doutor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.  
e-mail: florestatel@hotmail.com



**Figura 1.** Áreas agrícolas com presença de camada compactada subsuperficial e a limitação ao aprofundamento radicular da soja. Fonte: I. Anghinoni (esquerda) e D. Gassen (direita).

Déficits hídricos de curta duração têm sido recorrentes durante os cultivos de verão no RS. Em estudo realizado por Matzenauer et al. (1986), os autores observaram redução de 51% na produtividade de grãos, quando a deficiência hídrica ocorreu durante o período reprodutivo do milho no RS. Em relação à cultura da soja, Bergamaschi et al. (1989) verificaram que no ano agrícola de 1990/91 (muito seco) a produtividade média no RS foi de 1100 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que no ano seguinte (1991/92), praticamente com a mesma tecnologia, porém com maior quantidade e melhor distribuição de chuvas, a produtividade média atingiu 2700 kg ha<sup>-1</sup>. Para a cultura do trigo, maiores reduções de produtividade foram verificadas quando houve redução de precipitação no período do emborrachamento ao enchimento de grãos (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

A manutenção de uma elevada quantidade de resíduos protegendo a superfície do solo (Figura 2) e o uso efetivo de plantas de cobertura e da rotação de culturas, são dois dos princípios do SPD, também necessários para o incremento da eficiência do uso da água. A palhada reflete parte da radiação solar incidente, mantém a temperatura do solo mais baixa, evita a ação do vento e preserva a estrutura da camada superficial do solo. Além disto, incrementa a detenção superficial da enxurrada e

diminui a velocidade do escoamento por aumentar a tortuosidade do fluxo. A cobertura do solo evita a desagregação pelo impacto da gota da chuva e o selamento superficial, favorecendo a infiltração. Porém, ressalta-se que para reduzir a enxurrada uma quantidade maior de resíduos vegetais faz-se necessária para a redução das perdas de solo (CUBILLA et al., 2002).

Muitas vezes somente a presença de resíduos na superfície do solo não é suficiente para o controle da enxurrada. Após a colheita da soja na safra 2013/14 verificou-se a ocorrência de chuvas de elevada intensidade e duração. Embora, o solo estivesse coberto com resíduos de soja verificou-se a remoção dos resíduos e a ocorrência da erosão em muitas lavouras do RS. As lavouras que mais sofreram com o processo erosivo foram aquelas que após a colheita da soja permaneceram em um pequeno pousio, esperando condições para a semeadura do trigo. Este tempo foi suficiente para a decomposição parcial dos resíduos de soja. Além disto, os resíduos da soja são em menor quantidade, de baixa relação C/N e mais leves do que os de milho, facilitando o seu transporte pela enxurrada (Figura 3).

Porém, naquelas lavouras em que após a colheita da soja foi implantada imediatamente uma cultura de cobertura, como o nabo forrageiro, a ocorrência de enxurrada foi

mínima. Ressaltando que, sempre que for possível, onde há a combinação de aporte de palhada sobre a superfície do solo com a proteção proporcionada pelo dossel vegetativo das plantas, verifica-se uma maior eficiência no controle da enxurrada.

O uso alternado de culturas de grãos com o cultivo de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo resulta na melhoria da estrutura do solo, além do aporte de nitrogênio (N) como é o caso das culturas do nabo forrageiro e da ervilhaca (AMADO et al., 2009). A consorciação de culturas de cobertura possibilita combinar sistemas radiculares com características diferenciadas que contribuem para a melhoria da estrutura do solo e, conseqüentemente, de sua permeabilidade. Na foto uma lavoura em Carazinho onde o cultivo de ervilhaca com nabo forrageiro controlou eficientemente as perdas de água, mesmo em um ano com precipitações elevadas com as verificadas no El Nino (Figura 4).

Neste caso, as culturas de cobertura além de proporcionarem o controle das perdas de solo e de

água, estimularam a presença de minhocas (Figura 5a). Com isto, a atividade biológica é estimulada, formam-se bioporos que contribuem para a infiltração e agregação do solo. A presença de ovos de minhocas foi um indicador de que a população da macrofauna do solo estava aumentando (Figura 5b). Nesta lavoura foram feitos 42 pontos de amostragem de população de minhocas reportando-se a ocorrência de até 72 indivíduos por m<sup>2</sup>.

À medida que a atividade do solo é reestabelecida a agregação é incrementada (Figura 6). Com a presença de resíduos vegetais a ocorrência de fungos micorrizicos é estimulada. As hifas destes fungos podem ter quilômetros de extensão e contribuem para a agregação do solo.

Em um trabalho conduzido na Universidade do Kansas (Estados Unidos), Wilson e Rice (2004) reportaram que o solo com presença de micorrizas teve o tamanho de agregados incrementado e que eles foram mais resistentes a desagregação (Figura 7). Ainda foi verificado um incremento dos agregados com



**Figura 2.** Solo protegido por resíduos culturais em área agrícola durante período pós-colheita e pré-semeadura. Foto: T.J.C. Amado (2014).



**Figura 3.** Erosão em área de plantio direto mantido em pousio no período pós-colheita de soja e pré-semeadura de trigo (ao fundo) e área adjacente na qual foi semeado o nabo forrageiro neste período. Tapera, RS. Foto: T. J. C. Amado (2014).

maiores diâmetros quando havia a presença de micorrizas.

O resultado prático de um solo com elevada atividade biológica é a formação de agregados estáveis que manterão a estrutura do solo proporcionando a armazenagem de água mesmo sob condições de chuvas frequentes (Figura 8).

As práticas mecânicas de controle da enxurrada também são muito importantes e podem contribuir para a armazenagem de água no solo. Entre elas, o uso de terraços quando combinado com culturas de cobertura possibilita que o volume de água que excede a capacidade de

infiltração do solo seja manejado de forma a não ocasionar erosão (Figura 9).

Além disso, em casos de elevada compactação o uso da escarificação tem apresentado resultados positivos na melhoria dos atributos físicos do solo e, conseqüentemente, favorecendo o desenvolvimento radicular (GIRARDELLO et al., 2013; CAMARA e KLEIN, 2005). A combinação da escarificação e o uso de culturas de cobertura foi investigada por Nicoloso et al. (2008) em Santa Rosa. Os autores reportaram que a combinação de estratégias mecânicas e biológicas foram as mais eficientes em promover o incremento da infiltração de água no solo (Figura 10).

Os bioporos formados pelas raízes do nabo têm alta estabilidade e, após a sua decomposição, atuam como canais preferenciais para a infiltração da água no solo e para o crescimento radicular das culturas econômicas implantadas posteriormente (WILLIANS e WEIL, 2004) (Figura 11). Sasal et al. (2005) também observaram que o nabo forrageiro aumentou as taxas de infiltração de água no solo em um Argissolo da Argentina.

Pelo exposto o tema de manejo de água no SPD é complexo, a utilização de práticas isoladas terão alcance limitado. O desafio é integrar práticas culturais, mecânicas e bio-



**Figura 4.** Cultivo consorciado de ervilhaca peluda var. Esmeralda e nabo forrageiro com controle eficiente da enxurrada na agropecuária Estância Nova do Sr. Rogério Pacheco. Carazinho, RS. Foto: T. J. C. Amado (2014).



**Figura 5.** Aumento da população de minhocas em área de cultivo consorciado de ervilhaca peluda e nabo forrageiro (esquerda) e presença de ovos de minhoca durante o desenvolvimento da cultura do milho cultivado em sucessão na agropecuária Estância Nova do Sr. Rogério Pacheco. Carazinho, RS. Foto: T. J. C. Amado (2014).

lógicas visando a armazenagem de água no solo. A partir disto, o desafio passa a ser o aprofundamento do sistema radicular, visando explorar a água armazenada em camadas subsuperficiais.

### Melhoria da qualidade química de camadas subsuperficiais visando o aprofundamento do sistema radicular

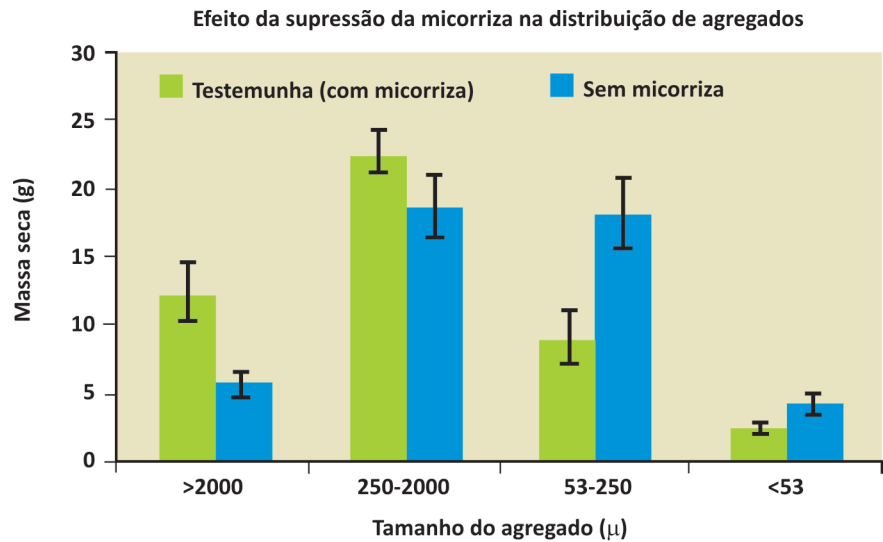
A utilização de doses baixas de calcário espaçadas por longo período de tempo no SPD só tem sido efetiva na correção da camada de 0,00-0,10 m. Embora, seja esta a camada que contém a maioria dos nutrientes e, portanto, possui a melhor relação com a nutrição das plantas, o confinamento das raízes nesta camada pode resultar na baixa eficiência no uso da água.

Entre as estratégias que vem ganhando espaço entre os agricultores, destaca-se a aplicação mais frequente de calcário e a utilização do gesso agrícola sob SPD. Essa estratégia tem avançado no Estado do RS por ser rápida e permitir a manutenção do SPD sem interrupção. A aplicação

combinada do gesso e do calcário, tem revelado um efeito sinérgico entre os produtos, com resultados superiores ao efeito isolado de cada insumo (RAIJ, 2010). Ao passo que o calcário eleva o pH, os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na superfície do solo, o gesso, produto de



**Figura 6.** Presença de fungos micorrízicos promovendo a agregação do solo em área de plantio direto consolidado. Fonte: J. C. M. Sá (2012) cedida por A. O. Ferreira.



**Figura 7.** Distribuição do tamanho de agregados em área de plantio direto com presença de fungos micorrizicos e com supressão química. Kansas State University (EUA). Fonte: Wilson & Rice (2004).

maior solubilidade, se dissocia liberando Ca e  $\text{SO}_4^{2-}$  (RAIJ, 2010). Com isso, há uma lixiviação do  $\text{SO}_4^{2-}$  para as camadas subsuperficiais do perfil, que ao se movimentar verticalmente, favorece a movimentação de cátions acompanhantes como é o caso do

Ca, Mg e em menor quantidade do potássio (K) (RAIJ, 2010). A continuidade de poros sob SPD proporciona que este processo ocorra de forma mais intensa. O incremento do teor de Ca em camadas subsuperficiais de Latossolos ácidos tem estimulado o desenvolvimento radicular. Além disso, ocorre a formação do complexo  $\text{AlSO}_4^{2-}$  que possui menor atividade e, conseqüentemente, tem seu efeito tóxico reduzido. Desta forma, a saturação de alumínio de camadas subsuperficiais é diminuída, favorecendo o desenvolvimento radicular das culturas. Cuidados especiais no uso desta prática devem contemplar a relação Ca/Mg e a disponibilidade de micronutrientes metálicos.

A melhoria química das camadas subsuperficiais favorece o uso mais eficiente da água disponível em camadas subsuperficiais, tornando a planta mais tolerante à situações de déficit hídrico de curta duração (REEVE e SUMNER, 1972; DALLA NORA & AMADO, 2013). Para que o processo de formação da camada de enraizamento quimicamente corrigida ocorra os seguintes requisitos devem ser atendidos: a) formação de uma camada superficial enrique-



**Figura 8.** Presença de agregados com elevada estabilidade em área de plantio direto com culturas de cobertura (esquerda) e de baixa estabilidade em área com manejo de monocultura (direita). Santa Rosa, RS. Fonte: J. C. M. Sá (2012) cedida por A. O. Ferreira.



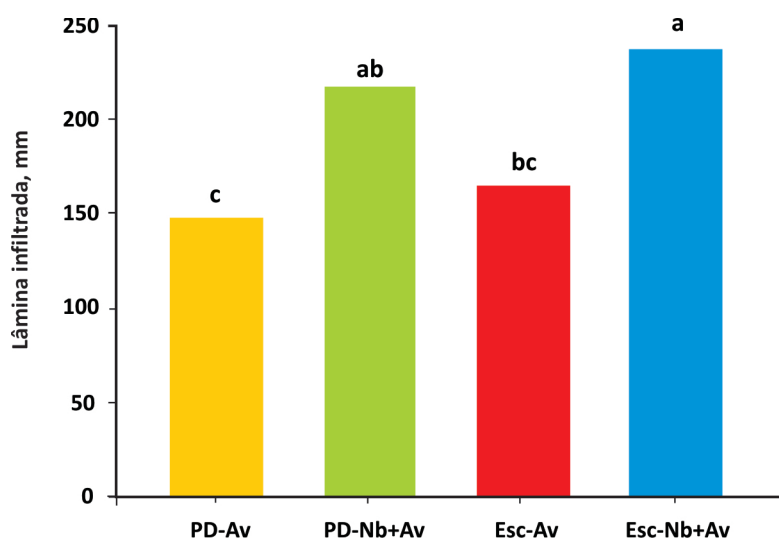
**Figura 9.** Controle das perdas de água em área de plantio direto com a presença de terraços em experimento conduzido pelo Prof. J. Milela (UFSM) na E. E. Fepagro. Júlio de Castilhos, RS. Foto: T. J. C. Amado (2014).

cida em cátions básicos, que irá atuar como uma camada de eluviação; b) o movimento vertical de cátions segue a água de drenagem no perfil sendo influenciada pelo volume de precipitação; c) teor de K na camada superficial deve ser elevado evitando desequilíbrio de bases pela maior saturação de Ca e de Mg; d) presença de bioporos associados a atividade biológica proporciona o fluxo preferencial de água levando os cátions as camadas profundas; e) utilização de culturas de cobertura e a rotação de culturas com sistema radicular bem desenvolvido que alcance as camadas subsuperficiais proporcionando aporte de exsudatos e de carbono. Com o “povoamento” das camadas subsuperficiais com raízes das culturas de cobertura, as culturas econômicas cultivadas em sucessão encontrarão um perfil mais favorável ao aprofundamento.

No Cerrado brasileiro, especialmente onde é possível realizar duas safras anuais de culturas de grãos de verão, a segunda safra (safrinha) é mais sujeita à ocorrência de déficit hídrico. Assim, diversos trabalhos comprovaram o aumento e a estabilização na produtividade das culturas

de soja e milho a partir da melhoria química das camadas subsuperficiais do solo (SOUSA et al., 1996; SOUSA; LOBATO, 2004; EMBRAPA, 2010). A utilização de culturas de cobertura com sistema radicular profundo, com o milheto ou brachiaria também contribuem para um ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas em sucessão.

O Estado do RS possui estudos



**Figura 10.** Lâmina de água infiltrada afetada pelo uso de escarificação mecânica e biológica em propriedades vinculadas a COPERMIL. Santa Rosa, RS. Fonte: Nicoloso et al. (2008).



escassos em relação ao efeito da melhoria da camada de enraizamento sobre a produtividade das culturas, especialmente em anos de déficit hídrico.

### Experiências do RS com a melhoria química da camada de enraizamento

O efeito positivo da aplicação isolada do gesso ou combinada ao calcário sobre a qualidade química do solo tem sido investigado em diferentes municípios do RS como pode ser verificado na Figura 12. Após 54 meses da aplicação de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso, o Local 1 (Figura 12a) apresentou aumento de 8% na saturação por bases na camada de 0,00-0,10 m, já o Local 2 (Figura 12b) apresentou aumento de 5% para a mesma dose. Para o Local 3 (Figura 12c), 30

meses após aplicação dos tratamentos, foi verificado um incremento de 9% na saturação por bases para a camada de 0,00-0,10 m. Para o Local 4 (Figura 12d) na dose de  $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso e  $2,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário esse incremento, na mesma camada, foi de 20% em relação ao tratamento testemunha.

As camadas subsuperficiais de 0,25-0,40 m e 0,40-0,60 m foram as que apresentaram os maiores incrementos relativos na saturação por bases, o Local 1 apresentou incremento de 54% e 64%, respectivamente, na dose de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso em relação ao tratamento testemunha. Para essa mesma dose, nas respectivas camadas, o Local 2 apresentou incrementos de 63% e 54% na saturação de bases em relação a testemunha.

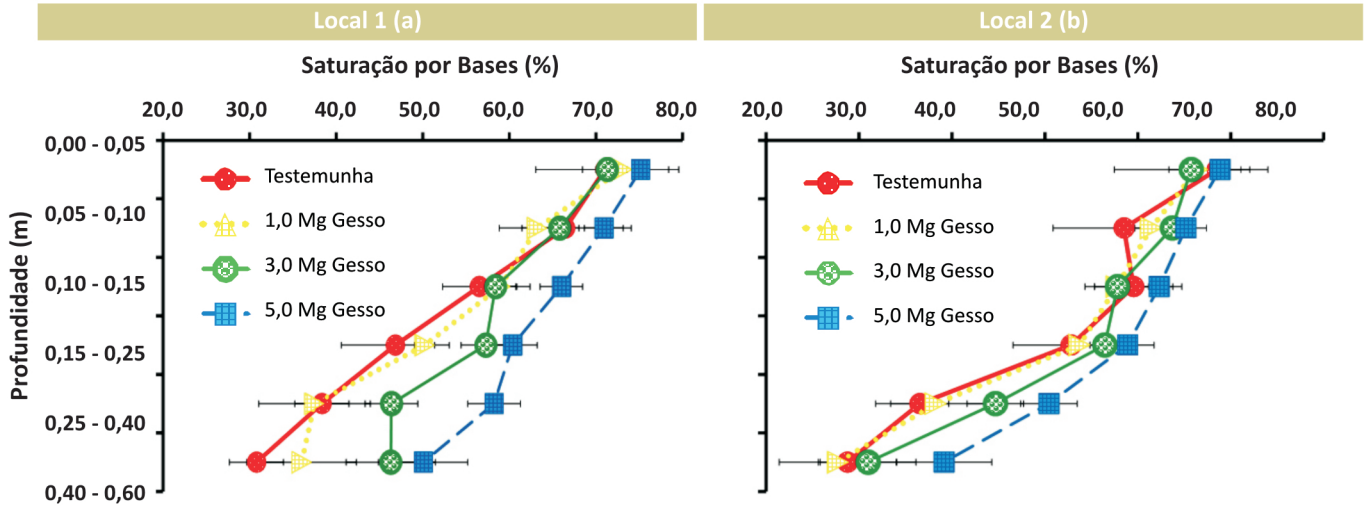
Em relação ao Local 3 (Figura 12c), 30 meses após a aplicação da dose de  $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso, foram verificados aumentos de 76% e 96% na saturação de bases para as camadas de 0,25-0,40 m e 0,40-0,60 m, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. Em relação ao Local 4 (Figura 12d), foram verificados incrementos mais intensos nas camadas intermediárias do perfil do solo (0-10-0,15 m e 0,15-0,25 m), sendo esses incrementos na ordem de 97% e 102% na saturação de bases para as camadas de 0-10-0,15 m e 0,15-0,25 m, respectivamente, para a dose de  $4,0 \text{ Mg}$  de gesso +  $2,4 \text{ Mg}$  de calcário.

A produtividade alcançada pelas culturas é determinada por diversos fatores, entre os quais merece destaque, o volume de água disponível as plantas. Destaca-se que a compactação do solo poderá afetar negativamente o crescimento radicular, tanto quando o solo está seco, devido ao elevado valor de resistência a penetração, quanto pela falta de oxigênio, quando o solo está muito úmido. Desta forma, a compactação compromete a eficiência do uso da

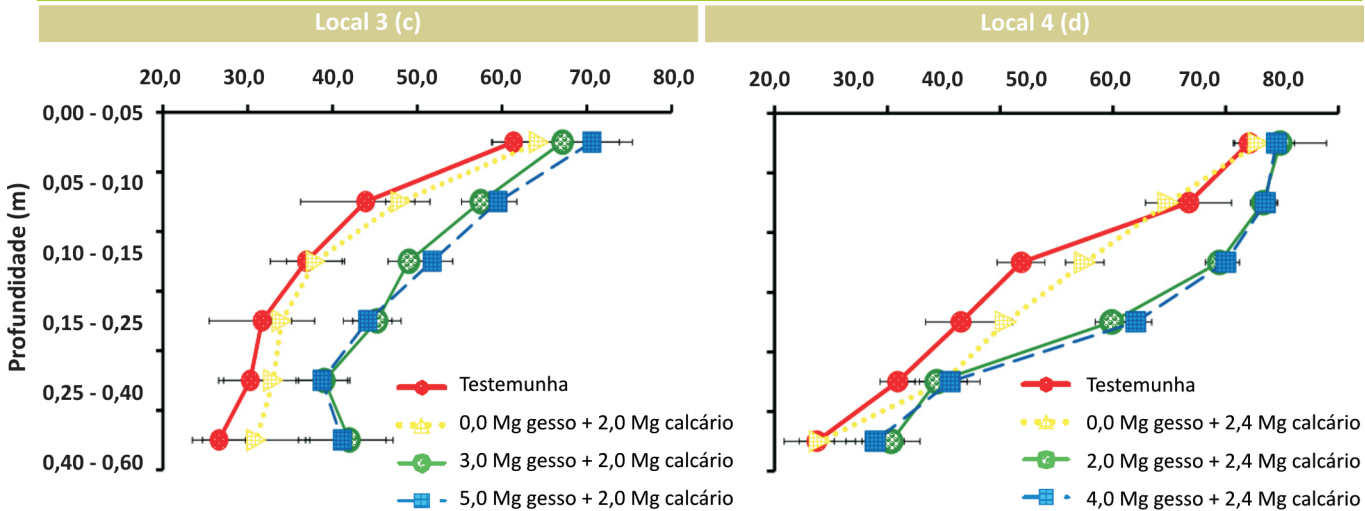


**Figura 11.** Efeito de raiz de nabo forrageiro decomposta criando um canal para o fluxo preferencial de água e contribuindo para o controle da enxurrada na área de consórcio ervilhaca peluda + nabo forrageiro na agropecuária Estância Nova do Sr. Rogério Pacheco. Carazinho, RS.  
Foto: T. J. C. Amado (2014).

### 54 meses após a aplicação de gesso



### 30 meses após a aplicação de gesso



**Figura 12.** Saturação por bases após 54 meses para os Locais 1 (Carazinho) (a) e 2 (Carazinho) (b) e após 30 meses para os Locais 3 (São Miguel das Missões) (c) e 4 (Tupanciretã) (d) da aplicação de doses de gesso isoladamente ou combinado ao calcário. Fonte: Dalla Nora (2014)

água. Ainda, o volume precipitado, em determinados estádios fenológicos, é um dos principais reguladores da produtividade da cultura. Nesse contexto, em anos de déficit hídrico o desenvolvimento da planta é prejudicado pela redução do volume de água disponível, portanto a manutenção da produtividade de grãos apenas se dará caso a planta consiga se adaptar produzindo mais kg de

grãos por mm precipitado. Neste contexto, formula-se a hipótese de que isto só será possível quando a planta for capaz de usar eficientemente a água armazenada no subsolo.

Em relação aos resultados apresentados na Figura 13, pode-se observar que o gesso foi eficiente em elevar a produtividade das culturas de soja, trigo e milho a partir do au-

mento da eficiência do uso da água. Para a cultura do milho de 2009/10 foi constatado um aumento de 5,5% na produtividade em kg de grãos por mm precipitado na dose de 5,0 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso. Para a cultura da soja de 2010/11 esse aumento de produtividade por mm precipitado foi na ordem de 6,6% para a dose de 4,9 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso.

Em relação a cultura do trigo, mesmo havendo elevada produtividade durante o ciclo da cultura, houve aumento de 9,1% na produtividade da cultura por mm precipitado para a dose de 5,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso. É importante ressaltar que os anos agrícolas em questão não apresentaram déficit hídrico severo, porém mesmo nestas condições os efeitos positivos da formação de uma camada de enraizamento foram observados.

## Panorama dos EUA em relação ao uso do gesso no SPD

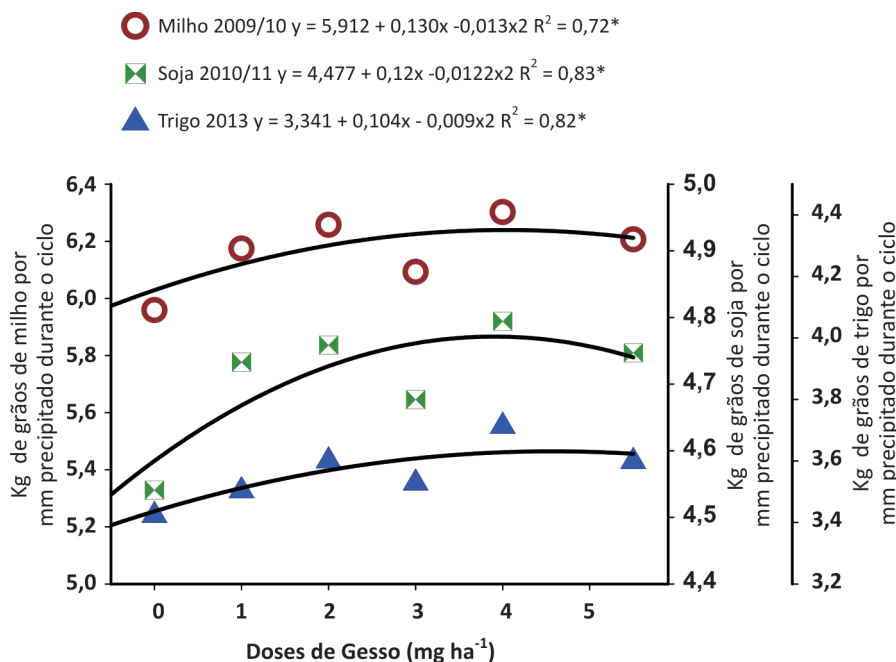
O uso do gesso no SPD tem recebido recentemente mais atenção dos pesquisadores e produtores americanos. A importância desse assunto levou a realização do simpósio "Research and Practical Insights into Using Gypsum" (Resultados de pesquisa e observações práticas no uso do gesso) no ano de 2014 no estado do Kansas.

Durante o Simpósio, Norton (2014) elencou dez principais razões para o uso do gesso:

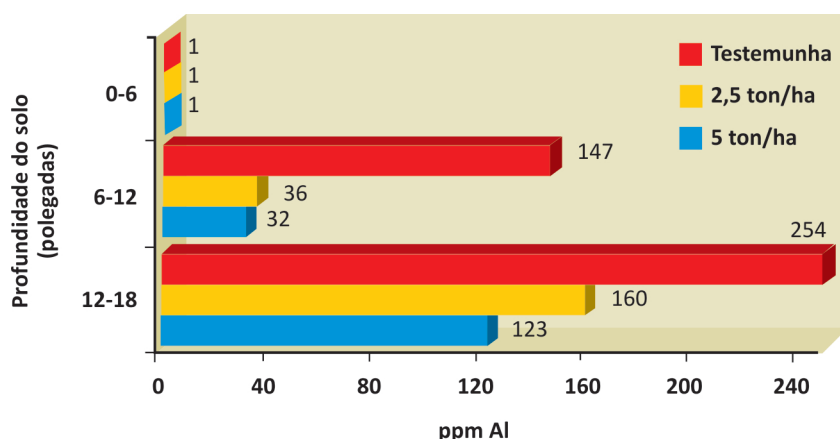
- Melhoria das propriedades físico-hídricas do solo;
- Melhoria das propriedades químicas do solo;
- Incremento da atividade biológica do solo;
- Incremento do volume radicular e da produtividade das plantas;
- Fonte de Ca para as plantas;
- Fonte de S para as plantas;
- Reduz a perda de nutrientes como o P por escoamento e o N por lixiviação;
- Aumenta a disponibilidade de outros nutrientes;
- Estabilização do carbono orgânico no solo;
- Reduz as Emissões de Gases de Efeito Estufa.

Diversos autores tem reportado o incremento da infiltração de água posteriormente ao uso do gesso (TRUMAN et al., 2010; HETCH, 2014). Esse efeito de incremento da infiltração de água é decorrente dos aumentos dos teores de Ca que atua como agente floculante da fração argila do solo. A estabilidade de agregados também é positivamente afetada pela maior desenvolvimento radicular.

O efeito do gesso na redução da concentração do Al trocável de camadas subperiféricas do solo pela



**Figura 13.** Índices de relação kg de grãos de milho, soja e trigo por mm de precipitação pluvial durante o ciclo das culturas afetados por doses de gesso aplicado em área de plantio direto. Carazinho, RS.



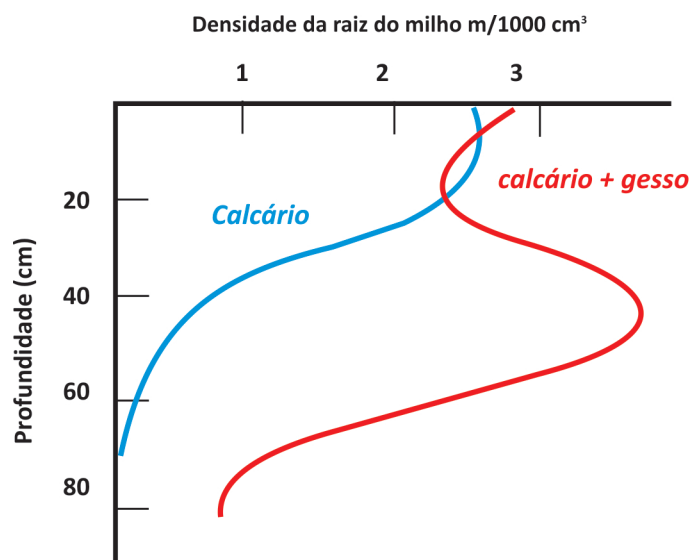
**Figura 14.** Efeito de diferentes doses de gesso aplicado em área de plantio direto nos Estados Unidos sobre a concentração de alumínio em camadas subsuperficiais. Fonte: Espinoza, 2014.

formação do par iônico com o sulfato tem sido verificado por diversos pesquisadores brasileiros (CAIRES et al., 2008, 2011; CAIRES, 2013; DALLA e AMADO, 2013). De acordo com os resultados apresentados na Figura 15 em um solo dos Estados Unidos, Espinoza (2014) relatou reduções de 459% e 206% na concentração de Al para as camadas de 6-12 inches (0,15-0,30 m) e 12-18 inches (0,30-0,45 m), respectivamente, pela aplicação de uma dose de 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso.

Esse efeito foi também reportado por Dalla Nora e Amado (2013) em solos do planalto do RS, no qual os autores observaram reduções na concentração do Al trocável até a camadas inferiores a 0,40 m, com dose de 6,0 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso.

A redução da toxicidade do Al pela formação de complexos solúveis com o Al<sup>3+</sup> (Figura 4), associada ao aumento dos teores de Ca em subsuperfície e, conseqüentemente, aumento da saturação por bases (Figura 12), torna o ambiente subsuperficial mais adequado para o desenvolvimento radicular (Figura 15), aumentando assim a eficiência do uso da água pela planta (RITCHEY et al., 1980). De acordo com os resultados apresentados na Figura 15 em

um solo dos EUA, foi verificado que o desenvolvimento do sistema radicular até a camada de 0,20 m foi semelhante quando o calcário foi aplicado isoladamente ou combinado com o gesso. No entanto, em profundidades superiores a 0,20 m a aplicação conjunta de gesso e calcário foi o tratamento que proporcionou o maior desenvolvimento do sistema radicular da cultura do milho ao longo do perfil do solo.



**Figura 15.** Incremento do volume de raízes de milho em área de plantio direto nos Estados Unidos proporcionado pela combinação de calcário + gesso em relação a aplicação isolada de calcário. Fonte: Dick, 2014.

O efeito do gesso sobre a produtividade das culturas tem sido relatado frequentemente por agricultores e pesquisadores americanos. Ainda, em um estudo realizado por Dick (2014) em Ohio-EUA, o autor verificou aumento de 6,6 % na produtividade do milho pela aplicação de gesso. Resultados semelhantes aos obtidos por Caires (2013) e Dalla Nora e Amado (2013) em solos do Sul do Brasil, nos quais os autores observaram incremento da produtividade do milho mesmo quando a testemunha já apresentava uma produtividade elevada. Este resultado provavelmente deve-se ao fato que o gesso desempenha múltiplas funções no solo, as quais resultam na melhoria da sua qualidade.

### Considerações

O incremento da eficiência do uso da água em SPD deve ser uma prioridade no Estado do RS, que correntemente enfrenta situações de estresse hídrico. A combinação de estratégias que visem incrementar o armazenamento de água no solo, diminuir a enxurrada e aprofundar o sistema radicular são necessárias para modificar o atual cenário de vulnerabilidade climática da produção agrícola gaúcha. A necessidade de utilização de um sistema de terraceamento adaptado ao SPD tem sido frequentemente proposto por diferentes instituições de pesquisa e de extensão. Porém, a utilização de práticas isoladas dificilmente reverterá o atual quadro. A prevenção da compactação do solo, sua remediação quando severa através de práticas mecânicas e biológicas, o incremento e a manutenção da cobertura do solo pela utilização de culturas de cobertura, especialmente aquelas com sistema radicular profundo, a atenção ao período pós colheita da soja visando a rápida proteção do solo

eliminando períodos de pousio, a semeadura em contorno em declividades acentuadas, o incremento do teor de matéria orgânica, o uso frequente de calagem combinado com o gesso visando o aprofundamento do sistema radicular e o estímulo a atividade biológica, são estratégias complementares que conduzem a melhoria da eficiência do uso da água sob SPD.

### Referências Bibliográficas

AMADO, T.J.C.; PES, L.Z.; LEMAINSKI, C.L.; SCHENATO, R.B. Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 831-843, 2009.

BERGAMASCHI, H. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. IV. Alterações micrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 7, p. 769-777, 1989.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p. il.

BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment. **Soil Science Society of American Journal**, Madson, v. 72, p. 693-701, 2008.

CAIRES, E.F. Calagem e uso de gesso em Sistema Plantio. **Revista Plantio Direto**, v.128, p.1-11, 2012.

CAIRES, E.F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**. 2013. (Informações Agrônomicas, 141)

CAIRES, E.F., JORIS, H.A.W., CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical

properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, Madson, v. 27, p. 45-53, 2011.

CAIRES, E.F.; PEREIRA FILHO, P.R.S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I.C. Soil acidity and aluminium toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. **Soil Use and Management**, Madson, v. 24, p. 302-309, 2008.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:789-796, 2005.

CUBILLA, M.; REINERT, D.J.; AITA, C.; REICHERT, J.M. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.71, p.29-32, 2002.

DALLA NORA, D.; AMADO, T.J.C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. **Agronomy Journal**, v.105, p. 1393-1403, 2013.

DALLA NORA, D., AMADO, T.J.C., GIRARDELLO, V.C., MERTINS, C. Gesso: Alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.133, p.8-20, 2013.

DICK, W. **History of Gypsum Use and Research Results On Crop Performance** Midwest Soil Improvement Symposium: Research and Practical Insights into Using Gypsum. 4th Annual, KANSAS STATE UNIVERSITY ALUMNI CENTER, Kansas. 2014.

EMBRAPA. Avaliação dos impactos do uso do gesso agrícola na cultura da soja em algumas áreas do Cerrado. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2010.

EMBRAPA. Com parceria público-privada, Embrapa oferece cultivares superiores de soja para a agricultura do Cerrado. Embrapa Cerrados, 2013. Disponível em: < <http://www.embapa.com.br>

cpac.embrapa.br/noticias/noticia\_completa/508/>. Acesso em: 05 de março de 2014.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; MISIEWICZ, P.; SMITH, E.K. Tráfego controlado de máquinas agrícolas: a experiência inglesa e perspectivas de adoção no Sul do Brasil. **Revista Plantio Direto**, v.137-138, 2013.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S.; HÖRBE, T.A.N.; FERREIRA, A.O. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por Diferentes tipos de escarificadores e o Rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2115-2126, 2011.

HECHT, B. **Recommending the Use of Gypsum—What to Consider?** Midwest Soil Improvement Symposium: Research and Practical Insights into Using Gypsum. 4th Annual, KANSAS STATE UNIVERSITY ALUMNI CENTER, Kansas. 2014.

MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S. L.; MALUF, J. R. T. **Efeito de períodos de irrigação sobre o rendimento e desenvolvimento do milho, em diferentes épocas de semeadura – 1985/86.** In: Reunião Técnica Anual do Milho, 31., 1986, Porto Alegre. Ata. Porto Alegre: IPAGRO; EMATER/RS, 1986, p. 37-41.

NICOLOSO, R.S.; AMADO, T.J.C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M.E.; GIRARDELLO, V.C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1723-1734, 2008.

NORTON, L.D. **Gypsum effects on soil particles and physical characteristics plus potential impact on the environment.** Midwest Soil Improvement Symposium: Research and Practical Insights into Using Gypsum. 4th Annual, KANSAS STATE UNIVERSITY ALUMNI CENTER, Kansas. 2014.

RAIJ, B. VAN. 2010. **Gesso na agricultura.** São Paulo: IPNI – Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. (Informações Agronômicas 122).

REEVE, N.G., SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. **Agrochemophysica**, v.4, p.1-6, 1972.

RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, v.72, p.40-44, 1980.

SASAL, M.C.; ANDRIULO, A.E. & TABOADA, M.A. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil Till. Res.*, 87:9-18, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E., eds. Cerrado: Correção do solo e adubação. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.81-96.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA CPAC, 1996. p.20. (Circular Técnica n. 32).

ESPINOZA, L. **Impact of Gypsum on Crusting, Seedling Emergence and Aluminum Toxicity.** Midwest Soil Improvement Symposium: Research and Practical Insights into Using Gypsum. 4th Annual, KANSAS STATE UNIVERSITY ALUMNI CENTER, Kansas. 2014.

TRUMAN, C.C.; NUTI, R.C.; TRUMAN, L.R.; DEAN, D. Feasibility of using FGD Gypsum to conserve water and reduce erosion from na agricultural soil in Georgia Catena, v.81, p. 234–239, 2010.

WILLIAMS, S.M.; WEIL, TR.R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.68, p.1403-1409, 2004.