

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331165245>

# [Edição 104] Nabo forrageiro alternativa de ciclagem de nutrientes e escarificação biológica do solo

Article · February 2008

CITATIONS

0

READS

31

2 authors:



Rodrigo Da Silveira Nicoloso

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)

88 PUBLICATIONS 972 CITATIONS

SEE PROFILE



Telmo Jorge Carneiro Amado

Universidade Federal de Santa Maria

258 PUBLICATIONS 3,716 CITATIONS

SEE PROFILE

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



Tecnologias para destinação de animais mortos [View project](#)



Desenvolvimento de ferramentas de inteligência territorial e gestão ambiental para a suinocultura e avicultura [View project](#)

## Nabo forrageiro: alternativa de ciclagem de nutrientes e escarificação biológica do solo

Rodrigo da Silveira Nicoloso<sup>1</sup>, Telmo Jorge Carneiro Amado<sup>2</sup>, Thomé Lovato<sup>2</sup>, Sérgio Schneider<sup>3</sup>, Mastrângello Enivar Lanza<sup>4</sup>, Rodrigo Rubin Rossato<sup>4</sup>, Jardes Bragagnolo<sup>5</sup>, Vitor Cauduro Girardello<sup>5</sup> e Raul Cauduro Girardello<sup>6</sup>

O nabo forrageiro é uma planta de cobertura do solo cuja área de plantio vem crescendo no sul do Brasil e na região oriental do Paraguai. Seu uso tem sido ampliado devido ao seu grande potencial como planta recicladora de nutrientes e ao seu sistema radicular pivotante e agressivo o qual lhe confere a capacidade de romper camadas compactadas de solo. Recentemente tem se destacado também como opção para a fabricação de biodiesel a partir de suas sementes. Ainda, o seu baixo custo em relação as demais culturas de cobertura de inverno, como a ervilhaca e até mesmo a aveia preta, favorece a sua aceitação e utilização pelos produtores rurais.

Apesar do já conhecido bom desempenho desta espécie como planta de cobertura de inverno, ainda poucos trabalhos científicos tem sido realizados testando a sua adaptação como planta intercalar a cultura do milho no verão e do trigo no inverno. Além disto, a bibliografia científica recente tem levantado dúvidas sobre a eficiência do nabo forrageiro em reduzir a compactação do solo, sendo que alguns trabalhos relatam inclusive resultados negativos, com o aumento da compactação do solo após o seu uso. Existe ainda a preocupação quanto à possibilidade de esta planta retornar como invasora, quando o seu manejo (dessecação ou rolagem) é realizado muito tardiamente ou deficientemente.

Este artigo tem por objetivo reunir resultados de duas pesquisas recentes desenvolvidas pelo grupo de Manejo e Conservação do Solo da UFSM sobre (1) o potencial do nabo forrageiro em atuar como planta recicladora de nutrientes intercalar ao mi-

lho e ao trigo realizado em Fortaleza dos Valos (Rossato, 2004) e (2) a eficiência do nabo forrageiro em atuar como planta descompactadora do solo realizado em Santa Rosa (Nicoloso et al., 2008). Ambos os trabalhos foram desenvolvidos em propriedades rurais sob Latossolos do planalto do Rio Grande do Sul. O segundo em colaboração com a COPERMIL (Cooperativa Mista São Luis Ltda). Estes solos se caracterizam por sua textura argilosa e susceptibilidade à compactação e têm sido manejados sob sistema plantio direto nos últimos 30 anos.

### 1. Ciclagem de nutrientes pelo nabo forrageiro como cultura intercalar ao milho e ao trigo

#### 1.1. Introdução

Um sistema agrícola sustentável deve apresentar, como uma de suas principais características, uma eficiente ciclagem de nutrientes (Lai, 1994; Amado, 1999). Segundo Constanza et al. (1997), se valorássemos toda a ciclagem de nutrientes que ocorre na natureza anualmente, este valor poderia chegar à US\$ 17 trilhões, o que se aproxima de toda a riqueza produzida anualmente pelo homem, que é da ordem de US\$ 18 trilhões. Segundo Aita et al. (2000), as plantas de cobertura desempenham um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, aproveitando tanto aqueles oriundos de fertilizantes minerais subutilizados pelas culturas comerciais, como aqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica e da fertilidade natural do solo. Além disso, a ciclagem de nutrientes é favorecida, no SPD,

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: [nicoloso@live.com](mailto:nicoloso@live.com)

<sup>2</sup>Professor Doutor, Departamento de Solos, UFSM. E-mail: [tamado@smail.ufsm.br](mailto:tamado@smail.ufsm.br)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, gerente técnico da COPERMIL, Santa Rosa - RS.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc.

<sup>5</sup>Mestrando em Ciência do Solo, UFSM.

<sup>6</sup>Acadêmico de agronomia, UFSM.

pela exploração de um maior volume de solo pelas raízes, maior produção de palhada, redistribuição vertical de nutrientes no perfil e modificações químicas induzidas na rizosfera que aumentam a disponibilidade de nutrientes, principalmente quando culturas de cobertura são usadas no sistema de produção.

Devido à necessidade de escalonamento de semeadura das culturas comerciais para melhor aproveitamento de máquinas e mão-de-obra e diminuição de risco climático, plantas de cobertura que apresentem rápido desenvolvimento podem ser utilizadas no curto espaço de tempo entre a colheita de uma cultura comercial de verão e o plantio da próxima cultura de inverno. Por exemplo, quando o milho é colhido no cedo (colheita em fevereiro), a lavoura permanece em pousio até meados de maio, quando então se efetua o plantio do trigo. Nesta situação, o solo permanece improdutivo por até três meses e durante este período os nutrientes liberados pela decomposição da palhada, subutilizados pela cultura ou oriundos da mineralização da matéria orgânica do solo ficam passíveis de serem perdidos por escoamento superficial e lixiviação. Neste caso, o uso de plantas de cobertura entre as culturas do milho e do trigo pode ser uma alternativa de incremento de ciclagem de nutrientes, visto que os nutrientes que poderiam ser perdidos são absorvidos pela plantas em crescimento e após o seu manejo estariam disponíveis para o trigo semeado na sequência.

Entre as culturas de cobertura utilizadas no planalto gaúcho, o nabo forrageiro vem se destacando ao longo dos anos. O nabo forrageiro é uma planta anual pertencente à família das brássicas. Seu ciclo de crescimento é de outono/inverno e se caracteriza por apresentar desenvolvimento rápido, boa produção de fitomassa e alta capacidade em acumular nutrientes em sua fitomassa, especialmente o nitrogênio e o potássio (Giacomini et al., 2003). Wildner (1990), destaca o nabo forrageiro na ciclagem de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, com o acúmulo de 10 kg ha<sup>-1</sup> de P, 125 kg ha<sup>-1</sup> de K, 73 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 13 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. O nabo forrageiro também é destacado por Wiethölter (2003) pela sua elevada capacidade de ciclagem de N e K, onde em uma produção de matéria seca de sua parte aérea de 4.089

kg ha<sup>-1</sup>, foram acumulados na sua fitomassa 104 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de N e K, respectivamente, durante cerca de 90 dias de cultivo. Bianchi et al. (1997), avaliando o nabo com o mesmo tempo de cultivo, encontrou uma produção de matéria seca de 2.986 kg ha<sup>-1</sup>, com teores de N, P e K da ordem de 89 e 96 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com o uso de culturas de cobertura eficientes em reciclar nutrientes, como o nabo forrageiro, é possível aumentar a eficiência do uso de nutrientes, que em regiões tropicais e subtropicais se situa numa faixa de aproveitamento de apenas 30 a 50% do total aplicado. O conceito básico deste processo é trabalhar com a adubação do sistema de culturas e não das culturas isoladamente, o que já tem sido utilizado por produtores que utilizam o sistema plantio direto. Assim, aplica-se o nutriente naquela cultura que tem maior probabilidade de resposta econômica ao uso do fertilizante e as demais culturas implantadas na sequência se aproveitariam do efeito residual da adubação e da ciclagem de nutrientes proporcionadas por plantas de cobertura de solo. Ainda, a intensificação dos sistemas de culturas tem sido também sugerida como uma forma de incremento da matéria orgânica e da qualidade do solo. Esta estratégia tem sido difundida pela FUNDACEP e outros institutos de pesquisa e extensão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do nabo forrageiro como planta de cobertura recicladora de nutrientes quando utilizado como cultura intercalar ao milho e ao trigo, além do efeito do seu uso sobre o rendimento de grãos de trigo em sucessão.

## 1.2. Procedimentos Experimentais

Este trabalho teve duração de um ano e foi desenvolvido em uma lavoura comercial de grãos localizada no município de Fortaleza dos Valos pertencente ao Sr. Ildo Rossato, no Planalto Médio do RS. O clima da região é subtropical úmido com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano. O solo do local é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999), com 28% de argila na camada 0-10 cm. A área vinha sendo cultivada sob Sistema Plantio Direto há treze anos, sendo que nos últimos nove anos utili-

zou-se rotação de culturas no inverno e verão.

No momento da instalação do experimento, o solo foi amostrado para determinação de suas características químicas na camada de 0-10 cm de profundidade. Os resultados da análise de solo realizada pelo Laboratório de Análises de Solos da UFSM foram: pH 6,0; 3,6 % de MOS; 57 ppm de fósforo e mais de 200 ppm de potássio. A análise de solo revelou um histórico de adubações que excederam as exportações, elevando os teores para a classe muito alta.

O experimento testou a eficiência do nabo forrageiro em ciclar nutrientes como cultura intercalar ao milho no verão e ao trigo no inverno. A lavoura, que havia recebido a cultura da soja no ano anterior e a aveia preta como planta de cobertura de inverno foi semeada com o híbrido de milho Pioneer 32R21, com população de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento entre linhas de 0,45 m. O milho ainda recebeu adubação NPK com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (267 kg ha<sup>-1</sup> de uréia), 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A aplicação de N e K foi parcelada, sendo que para o N foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em duas aplicações de 45 kg ha<sup>-1</sup> quando o milho se encontrava nos estádios fenológicos de 2-4 folhas e de 6-8 folhas e para o K foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e 40 kg ha<sup>-1</sup> no estádio de 2-4 folhas. Os demais tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas vigentes para a cultura do milho. Logo após a colheita do milho em fevereiro foi implantado o nabo forrageiro em metade das parcelas sendo que a outra metade permaneceu um pousio até o plantio do trigo em maio. O nabo forrageiro não recebeu adubação e foi utilizado na semeadura 17 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis em linhas espaçadas 0,17 m. Após a dessecação do nabo forrageiro, que ocorreu 97 dias após a sua emergência, o trigo foi semeado também sem adubação. Foram utilizados 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis de trigo da cultivar CEP 36 e espaçamento entre linhas de 0,17 m. As avaliações realizadas neste trabalho constaram da determinação do rendimento de grãos, produção de matéria seca e quantidade de nutrientes absorvidos pelo milho e pelo trigo e produção de matéria seca e quantidade de nutrientes ciclados pela fitomassa do nabo forrageiro.

### 1.3. Principais Resultados

O milho foi implantado sobre um resíduo de 5,3 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de aveia preta, o que representa uma quantidade satisfatória de palha para cobertura de solo. O rendimento de grãos obtido com a cultura do milho foi de 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> ou 125 sacos ha<sup>-1</sup> e a matéria seca da parte aérea foi de 7,4 Mg ha<sup>-1</sup> no momento da colheita. A tabela 1 demonstra a dinâmica de absorção de nutrientes pela cultura do milho no momento do florescimento e da colheita.

O processo de absorção de nitrogênio e fósforo pelo milho se manteve mesmo após o florescimento, sendo que quando do enchimento dos grãos uma significativa fração destes nutrientes presentes na parte aérea foi mobilizada para os grãos. No entanto para o potássio, o pico de acúmulo de nutrientes ocorreu no momento do florescimento, sendo que após este período, uma pequena parte foi transferida para os grãos e uma grande parte foi liberada para o solo mesmo antes da colheita do milho (60 kg

ha<sup>-1</sup>). Este nutriente liberado estaria sujeito a perdas por lixiviação e escoamento superficial se não houvesse uma cultura de cobertura que o absorvesse na sequência. Ainda ficam na palha do milho 52 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8 kg ha<sup>-1</sup> de P e mais 159 kg ha<sup>-1</sup> de K que com o processo de decomposição da palhada serão liberados para o solo. O milho se mostrou uma cultura que exporta grandes quantidades de N e P, mas que recicla quantidades ainda maiores de K.

Na tabela 2 apresenta-se a quantidade de nutrientes absorvido pela parte aérea do nabo forrageiro após a cultura do milho e a percentagem de ciclagem de nutrientes existente na palhada do milho. A produção de matéria seca pelo nabo forrageiro neste período de 97 dias entre a sua emergência e o manejo para semeadura do trigo foi de 4,3 Mg ha<sup>-1</sup>, resultado este significativo considerando o curto período disponível para o desenvolvimento da cultura entre a colheita do milho e semeadura do trigo.

Também significativas são as quantidades de nutrientes presentes na sua fitomassa (73 kg N ha<sup>-1</sup>, 17 kg P ha<sup>-1</sup> e 232 kg K ha<sup>-1</sup>). Considerando que estas quantidades de nutrientes absorvidos pelo nabo forrageiro estarão na sua maior parte disponíveis para a cultura do trigo em sucessão, representariam aproximadamente 121, 130 e 1.400 % da exigência de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, para esta cultura e este tipo de solo e uma expectativa de rendimento de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de trigo (Reunião da comissão..., 2006). Ainda, considerando os nutrientes liberados pela cultura do milho antes da sua colheita e a quantidade presente na palha após a colheita, o nabo forrageiro reciclou cerca de 140, 212 e 106 % dos nutrientes que estariam sendo liberados para o solo e potencialmente perdidos na ausência de plantas crescendo na lavoura. Embora o potássio tenha tido menor porcentagem de reciclagem do que o nitrogênio e o fósforo, se verifica que, em valores absolutos, o potássio foi o nutriente que teve maior quantidade reciclada, seguido do nitrogênio e do fósforo. Considerando a alta mobilidade do potássio e do nitrogênio no solo, as elevadas quantidades recicladas destes nutrientes pelo nabo forrageiro evitam grande parte das perdas por lixiviação e escoamento superficial, além de beneficiar diretamente a cultura subsequente.

Na figura 2, podem ser encontradas as quantidades de nutrientes absorvidos pela cultura do milho e do trigo com ou sem o nabo forrageiro como cultura antecessora. A produção de matéria seca e o rendimento de grãos de trigo foram de 3.016 e 2.139 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sem o nabo forrageiro e de 3.306 e 2.347 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, quando o nabo forrageiro foi usado como cultura intercalar entre o milho e o trigo.

O nabo forrageiro beneficiou principalmente a absorção de P e K pela parte aérea do trigo e proporcionou um aumento no rendimento de grãos da ordem de 208 kg ha<sup>-1</sup>. Considerando o preço do trigo de R\$ 25,00 por saco de 60 kg e o preço da semente de nabo forrageiro de R\$ 1,50 por kg, o uso do nabo forrageiro como cultura intercalar ao milho e ao trigo proporcionou um lucro extra de R\$ 86,00 ha<sup>-1</sup>. Neste cálculo foram considerados o ganho de produtividade do trigo e o custo da sementes de nabo

Tabela 1. Absorção de nutrientes pela milho no florescimento e na colheita e equivalente em adubo mineral.

| Nutriente                       | Adubação | Florescimento |             | Colheita |     | C-F <sup>(1)</sup> |
|---------------------------------|----------|---------------|-------------|----------|-----|--------------------|
|                                 |          | Parte Aérea   | Parte Aérea | Grãos    |     |                    |
| ----- Kg ha <sup>-1</sup> ----- |          |               |             |          |     |                    |
| N                               | 120      | 118           | 52          | 132      | +66 |                    |
| P                               | 31       | 21            | 8           | 42       | +29 |                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 70       | 48            | 18          | 96       | +66 |                    |
| K                               | 66       | 274           | 159         | 55       | -60 |                    |
| K <sub>2</sub> O                | 80       | 330           | 192         | 66       | -72 |                    |

<sup>(1)</sup> Absorção de nutrientes após a florescimento: (Colheita (Parte aérea+grãos) - Florescimento). Fonte: Rossato (2004).

Tabela 2. Nutrientes liberados antes da colheita e presentes na palha do milho, absorvidos pelo nabo forrageiro e ciclagem de nutrientes pelo nabo forrageiro.

| Nutriente                       | Milho                       |       | Nabo forrageiro | Ciclagem <sup>(2)</sup> |
|---------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|-------------------------|
|                                 | Pré-colheita <sup>(1)</sup> | Palha |                 |                         |
| ----- Kg ha <sup>-1</sup> ----- |                             |       |                 |                         |
| N                               | 0                           | 52    | 73              | 140                     |
| P                               | 0                           | 8     | 17              |                         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0                           | 18    | 39              | 212                     |
| K                               | 60                          | 159   | 232             |                         |
| K <sub>2</sub> O                | 72                          | 192   | 280             | 106                     |

<sup>(1)</sup> Liberação de nutrientes na área da colheita. <sup>(2)</sup> Ciclagem: absorção de nutrientes pelo nabo forrageiro em relação ao liberado na pré-colheita e ao presente na palha do milho. Fonte: Rossato (2004).



Figura 1. Nabo forrageiro como cultura intercalar ao milho e ao trigo: excelente produção de matéria seca em 97 dias de ciclo. Fortaleza dos Valos, RS. Propriedade do Sr. I. Rossato. Foto: Rodrigo Rossato, 2003.

forrageiro, no entanto devem ser consideradas ainda o custo com as operações de semeadura e manejo do nabo forrageiro.

#### 1.4 Considerações Finais

A opção pelo uso de uma planta recicladora de nutrientes, como o nabo forrageiro, mostrou-se eficiente, reduzindo as possíveis perdas de nutrientes por lixiviação de nutrientes e escoamento superficial, ao mesmo tempo que proporcionou aumento do rendimento de grãos de trigo de maneira economicamente viável. Em um momento de elevação do preço dos fertilizantes destaca-se a necessidade de aumentar a ciclagem de nutrientes, fato que pode ser alcançado com a utilização de plantas de cobertura do solo na entressafra.

## 2. Nabo forrageiro descompacta o solo?

### 2.1. Introdução

A compactação do solo é um dos principais fatores limitantes da produtividade das lavouras em áreas de Plantio Direto (Amado et al., 2005). Apesar disso, a gravidade do problema somente é percebida em anos com ocorrência de períodos de déficit hídrico, quando a disponibilidade de água se torna limitada principalmente nas zonas mais compactadas da lavoura. No entanto, mesmo em anos com índices pluviométricos adequados e bem distribuídos a compactação do solo pode limitar a obtenção de altos rendimentos. Santi & Amado (2007) verificaram que em uma lavoura

do município de Palmeira das Missões, RS, monitorada com ferramentas de agricultura de precisão, as zonas que apresentavam alto rendimento consistente (média de três safras de soja, duas de milho e uma de trigo) tinham uma taxa de infiltração de água no solo duas vezes superior a verificada em áreas de baixo rendimento.

O processo de compactação se caracteriza pelo aumento da massa de solo por unidade de seu volume. Normalmente, o solo apresenta aproximadamente 50% de espaço poroso, ou seja, dado um determinado volume de solo, cerca da metade deste é composto por partículas sólidas (o solo propriamente dito) e a outra metade é o espaço existente entre estas partículas, que pode ser ocupado por água, ar, raízes, etc. A compactação se dá justamente pela redução deste espaço poroso, o que reduz a disponibilidade de água às plantas, limita a aeração e o desenvolvimento das raízes no solo. Os primeiros poros a serem destruídos pela compactação são os de maior diâmetro, comumente chamados de macroporos, justamente os principais responsáveis pela infiltração de água no solo.

A aplicação frequente de cargas elevadas sobre o solo leva à formação de camadas compactadas que variam em profundidade em função da intensidade da pressão aplicada e do tipo de solo. Normalmente as camadas de solo compactadas pelo tráfego de máquinas agrícolas situam-se numa profundidade de 5 a 15 cm (Secco et al., 2004), enquanto que a formação de camadas compactadas pelo pisoteio bovino ocorre numa profundidade de 5 a 10 cm (Lanzanova et al., 2007). A formação de camadas de solo compactadas limita o aprofundamen-

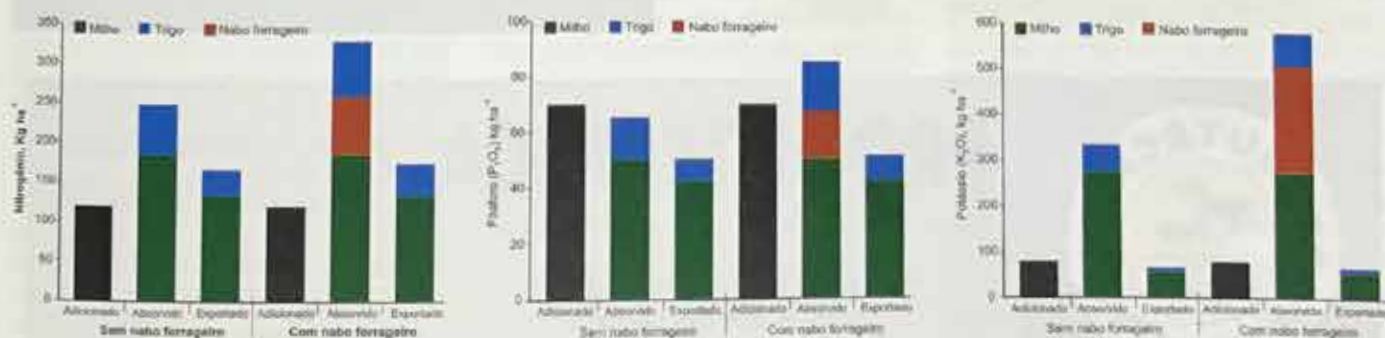


Figura 2. Adição, absorção e exportação de N, P e K nos sistemas de cultura sem nabo forrageiro (milho/trigo) e com nabo forrageiro (milho/nabo forrageiro/trigo).

to do sistema radicular das plantas e a infiltração e armazenamento de água no solo.

A recomendação tradicional para descompactar o solo é a escarificação mecânica. Diversos trabalhos comprovam a eficiência da escarificação mecânica em reduzir a densidade e aumentar a macroporosidade do solo, melhorando significativamente a infiltração de água no solo (Camara & Klein, 2005a,b). No entanto, outros trabalhos têm demonstrado que o solo escarificado tende a se reconsolidar rapidamente, retornando ao seu estágio inicial de compactação num período que varia de alguns meses a poucos anos. Secco & Reinert (1997) observaram que a melhoria das condições físicas de um solo muito argiloso pela escarificação mecânica não persistiu por mais de 10 meses. Busscher et al. (2002) concluíram que quanto maior o volume de chuvas e a intensidade das precipitações sobre um solo escarificado, menor é o tempo necessário para o solo se reconsolidar. Assim, em regiões que possuem regime de precipitação elevado e solos muito argilosos a escarificação mecânica do solo deve ser repetida com maior frequência.

As condições do solo escarificado regularmente se aproximam em alguns aspectos daquelas observadas em áreas de PC, com redução dos estoques de carbono orgânico do solo e menor disponibilidade de nitrogênio (Lovato et al., 2004), além da exposição do solo à erosão. Por este motivo, o uso freqüente do escarificador, como método de descompactação do solo sob PD, têm enfrentado resistência por parte dos produtores rurais e assistência técnica do RS (Revista Plantio Direto, 2006).

A alternativa à escarificação esporádica pode ser o uso de plantas de cobertura (escarificação biológica) com sistema radicular pivotante e vigoroso o suficiente para crescer em camadas compactadas de solo e com a vantagem adicional de produzir palhada para cobertura do solo e promover a ciclagem de nutrientes. Entre as espécies consideradas como "descompactadoras" pode-se citar a crotalária juncea e *spectabilis*, o guandu e especialmente o nabo forrageiro (Cubilla et al., 2002).

Dentre as espécies citadas, as três primeiras espécies são leguminosas que produzem elevadas quantidades

de fitomassa e são fixadoras de nitrogênio atmosférico em simbiose com *Rhizobium*. Além destas características, apresentam sistema radicular pivotante e agressivo tendo bom potencial para atuarem como plantas descompactadoras de solo. No entanto, por seu ciclo coincidir com o das principais culturas econômicas (soja e milho) no verão, seu uso não tem sido muito difundido entre os agricultores. Já o nabo forrageiro tem sido amplamente utilizado como planta de cobertura de solo de inverno por apresentar elevada capacidade de ciclagem de nutrientes e boa produção de palhada. A melhoria das condições físicas do solo após o seu uso tem sido reportado por diversos agricultores.

Até o momento não existem resultados conclusivos na literatura científica sobre a eficiência destas plantas em reduzir a compactação, especialmente em solos argilosos. Em trabalho realizado em um solo arenoso da área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria-RS, Abreu et al. (2004) não observaram redução do grau de compactação do solo após o uso da *Crotalaria spectabilis* como planta descompactadora.

No entanto, Cintra & Mielniczuk (1983), em experimento conduzido em casa de vegetação com solo argiloso, constataram maior capacidade do sistema radicular da colza em crescer em solo com maior valor de densidade do que o sistema radicular da soja. A colza é uma planta da mesma família botânica do nabo forrageiro. Em um trabalho realizado também em casa de vegetação nos Estados Unidos, Williams & Weil (2004) observaram que os bioporos (poros formados no solo por raízes, insetos, etc.) formados no solo após a decomposição das raízes do nabo forrageiro atuaram como canais preferenciais para o crescimento das raízes da soja.

No entanto trabalhos recentes sobre o nabo forrageiro têm mostrado resultados divergentes. Kubota et al. (2005) observaram valores maiores de densidade na camada de 0 a 5 cm de solo em áreas que tiveram nabo forrageiro no inverno em relação àquelas que tiveram trigo. Sobrinho et al. (2003) observaram menor infiltração de água no solo em áreas com nabo forrageiro do que áreas que ti-

nam a cultura da aveia. Estes resultados surpreendem à medida que discordam da experiência dos agricultores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do método mecânico de descompactação (escarificador) e do método biológico (nabo forrageiro), ou de ambos associados, em minimizar as limitações físicas de um Latossolo de textura muito argilosa manejado sob PD ao rendimento de grãos da cultura da soja no Rio Grande do Sul.

## 2.2. Procedimentos experimentais

Para esta pesquisa, foi instalado um experimento de campo em lavouras de quatro agricultores do município de Santa Rosa, região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul com histórico de plantio direto consolidado. As áreas experimentais foram selecionadas pelo departamento técnico da Cooperativa Mista São Luiz – COOPERMIL junto aos seus associados por apresentarem histórico de compactação do solo como raízes com crescimento limitado ao sulco de semeadura, raízes deformadas e desviadas, restrições ao desenvolvimento de plantas em períodos de estiagem e histórico de monocultura de soja. O solo do local é descrito como Latossolo Vermelho distroférrico típico (Embrapa, 1999). Na média da camada 0 – 0,20 m das quatro áreas experimentais, o solo apresentou 64% de argila.

Foram testados quatro tratamentos: (a) aveia preta em plantio direto (PD-Av), com a semeadura em linha de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), com espaçamento entre linhas de 0,175 m; (b) consórcio de nabo forrageiro e aveia preta em plantio direto (PD-Nb+Av), com a semeadura em linha de 30 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) e 70 kg ha<sup>-1</sup> de aveia preta, com espaçamento entre linhas de 0,175 m; (c) aveia preta em solo escarificado (Esc-Av); (d) consórcio de nabo forrageiro e aveia preta em solo escarificado (Esc-Nb+Av). Neste trabalho utilizou-se a estratégia de aumento da população de plantas de nabo forrageiro em relação aquela recomendada para fins de cobertura do solo. As culturas de cobertura de inverno foram adubadas com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK com fórmula 02-20-30. A operação de



Figura 3. Área de plantio direto sendo escarificada no município de Santa Rosa, RS. Propriedade do Sr. E. Jantsch. Detalhe de uma planta de nabo forrageiro: grande produção de fitomassa e sua raiz pivotante "descompactadora" de solo. Santa Rosa, RS. Propriedade do Sr. A. Gassen. Foto: Sérgio Schneider, 2006.



escarificação foi realizada 10 dias antes da semeadura das culturas de cobertura de inverno à profundidade média de 0,30 m, com escarificador de sete hastas espaçadas 0,50 m. No momento da operação de escarificação o solo estava em condição friável.

Em outubro de 2006, por ocasião do final do período de florescimento do nabo forrageiro, foram coletadas amostras da parte aérea das plantas de cobertura para determinação da produção de fitomassa. Para tanto foram coletadas quatro subamostras de 0,49 m<sup>2</sup> por parcela. O material vegetal coletado foi levado à estufa e seco a 65°C até peso constante. Logo após, as áreas experimentais foram manejadas com a passagem de um rolo-faca para a posterior semeadura direta da cultura da soja.

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar Coodetec 214RR foi semeada em sistema plantio direto no mês de novembro de 2006, com a utilização de uma população de 250.000 plantas ha<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,50 m entre linhas de uma semeadora equipada com sistema de sulcador para deposição do adubo à aproximadamente 0,06 m de profundidade e sistema de sulcador para deposição das sementes à aproximadamente 0,03 m de profundidade. As sementes de soja foram inoculadas com *Rhizobium* específico para a cultura. A adubação utilizada foi de 250 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK 02-

20-30. Os demais tratos culturais seguiram as recomendações técnicas vigentes para o estado do Rio Grande do Sul (Reunião de pesquisa de soja..., 2006).

Durante o período de florescimento da soja, no mês de fevereiro de 2007, foram realizadas coletas de quatro amostras indeformadas de solo por parcela, nas profundidades de 0 - 0,05; 0,05 - 0,10; 0,10 - 0,15 e 0,15 - 0,20 m, utilizando anéis de aço com volume conhecido, totalizando 16 amostras por tratamento, em cada profundidade. Estas amostras foram utilizadas para a determinação da densidade (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) do solo.

Ainda neste período, foi realizada a avaliação da infiltração de água no solo, pelo método dos duplos anéis concêntricos, descrito em Embrapa (1997). Foram realizadas seis avaliações por parcela, totalizando 24 por tratamento, com duração de duas horas cada. O anel externo tinha dimensões de 0,40 m de diâmetro e 0,15 m de altura, e o anel interno 0,20 m de diâmetro e 0,20 m de altura. Para medir o volume de água infiltrado no anel interno utilizou-se um aparelho medidor confeccionado com um cano de PVC de 0,15 m de diâmetro e um metro de comprimento, dotado de um piezômetro fixado sobre uma régua graduada em milímetros, descrito por



Figura 4. Equipamento medidor de infiltração de água no solo. Santa Rosa, RS. Propriedade do Sr. E. Jantsch. Foto: Sérgio Schneider, 2006.

Lanzanova et al. (2007). O nível d'água do anel externo foi mantido manualmente, com uma lâmina de água de aproximadamente 0,05 m de altura. O ajuste dos dados foi realizado segundo a equação de Kostiaikov ( $LI = kt^a$ ), onde LI representa a lâmina de água infiltrada no solo em função do tempo  $t$ , sendo que os parâmetros  $k$  e  $a$  são constantes empíricas (Hillel, 1998).

O rendimento de soja foi determinado através da coleta das plantas em 10 m lineares de soja por amostra, totalizando quatro amostras por parcela e 16 amostras por tratamento. Os resultados foram expressos com base na umidade de 13% dos grãos.

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% e análise de regressão para a taxa de infiltração de água no solo e correlação entre os parâmetros avaliados.

### 2.3. Principais Resultados

A escarificação mecânica, realizada no outono, não aumentou significativamente a produção de matéria seca (MS) das plantas de cobertura de solo no inverno, no entanto, a consorciação do nabo forrageiro com a aveia preta promoveu incremento na produção de MS (Tabela 3). A maior produção de fitomassa observada nos consórcios de nabo forrageiro e aveia preta foi relatada anteriormente por Giacomini et al. (2003) e Silva et al. (2007). Segundo estes primeiros autores, o nabo forrageiro se beneficia da maior disponibilidade de nitrogênio em solos anteriormente cultivados com leguminosas, como a soja, o que se reflete em aumento da produção de MS do consórcio e no domínio na produção de fitomassa do nabo forrageiro em relação à aveia preta, fato também observado no presente trabalho.

Quanto aos atributos físicos, não houve diferença significativa entre os valores de  $D_s$  observados em nenhuma das camadas de solo avaliadas. A porosidade do solo foi um indicador mais sensível às alterações induzidas pelos tratamentos do que a  $D_s$  e os resultados de macroporosidade podem ser verificados na Figura 5. A  $Ma$  foi alterada em todas as camadas avaliadas, enquanto que a  $Mi$  foi alterada apenas nas camadas 0 – 0,05 e 0 – 0,20 m, e a  $Pt$  somente teve alterações significativas na camada mais superficial do solo. Observou-se que os trata-

Tabela 3. Produção de matéria seca de plantas de cobertura de solo no inverno sob diferentes sistemas de manejo.

| Treatamento                       | Matéria Seca (Parte aérea) |
|-----------------------------------|----------------------------|
|                                   | kg ha <sup>-1</sup>        |
| Plantio direto de aveia           | 4160 b*                    |
| Plantio direto de nabo e aveia    | 7880 a                     |
| Aveia em solo escarificado        | 4800 b                     |
| Nabo e aveia em solo escarificado | 8520 a                     |

\*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

mentos com nabo forrageiro foram eficientes em aumentar a  $Ma$  em todas as camadas avaliadas, enquanto que o escarificador isoladamente somente apresentou aumento de  $Ma$  na camada 0 – 0,05 m. Tais resultados confirmam a limitada persistência do efeito do escarificador como ferramenta de descompactação em solo de textura muito argilosa, sendo que num período de apenas nove meses, o solo retornou à sua condição original na camada 0,05 – 0,20 m. Por sua vez o nabo forrageiro permitiu o aumento da  $Ma$  tanto quando utilizado como método único para descompactação do solo como quando associado ao escarificador. Nesta situação, as raízes do nabo forrageiro que se desenvolveram no solo escarificado provavelmente evitaram a reconsolidação do solo e que este retornasse ao seu esta-

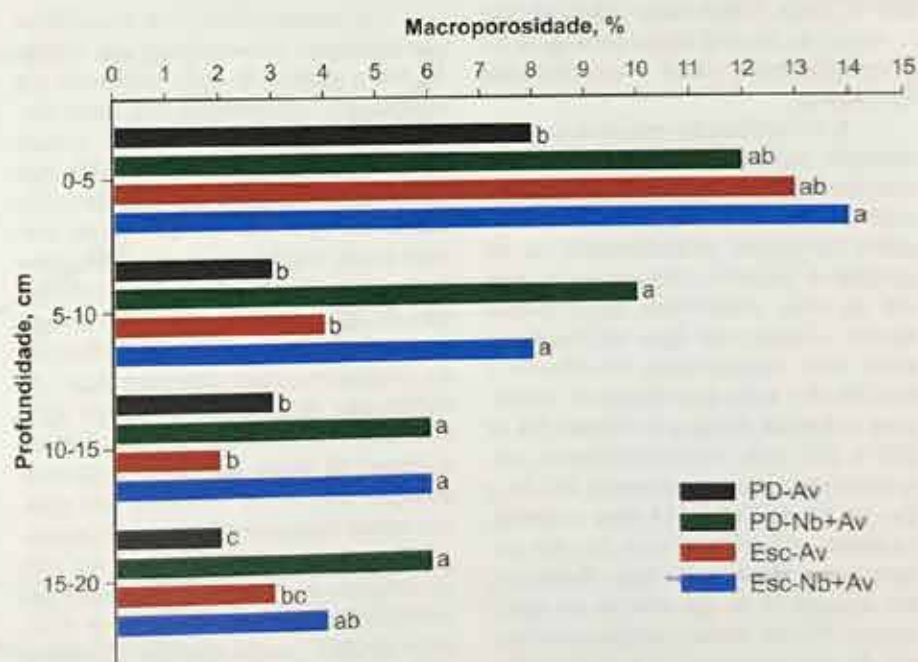


Figura 5. Macroporosidade de um Latossolo Vermelho distroférrico textura muito argilosa sob diferentes sistemas de manejo. Médias seguidas por letras distintas, na mesma profundidade, diferem pelo teste Tukey (P<0,05).



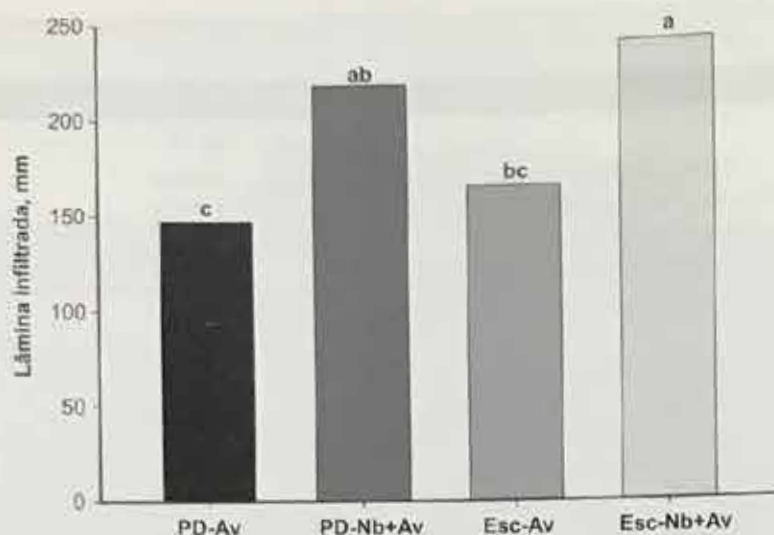


Figura 6. Lâmina de água infiltrada em Latossolo Vermelho textura muito argilosa sob diferentes sistemas de manejo. As barras verticais correspondem à diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

do de compactação original, conforme verificado no tratamento Esc-Av. Na média da camada 0–0,20 m, o nabo forrageiro (escarificação biológica) associado ou não ao uso do escarificador mecânico duplicou os valores de Ma do solo em relação ao tratamento PD-Av e à condição original do solo, enquanto que o uso do escarificador mecânico como método isolado de descompactação não promoveu aumento significativo da Ma nesta mesma camada. Neste caso, infere-se que o efeito da escarificação biológica foi preponderante sobre a escarificação mecânica.

A escarificação mecânica como método isolado de descompactação não favoreceu a infiltração de água no solo (Figura 6). No entanto, o uso do nabo forrageiro, isoladamente ou associado à escarificação mecânica prévia do solo, aumentou significativamente a lâmina de água infiltrada no solo. Nos tratamentos PD-Nb+Av e Esc-Nb+Av, após duas horas de avaliações a lâmina de água infiltrada foi de 224 e 235 mm, respectivamente, enquanto que nos tratamentos PD-Av e Esc-Av foi de 149 e 164 mm, respectivamente. O tratamento Esc-Av aumentou a lâmina de água infiltrada em apenas 10 % em relação ao tratamento PD-Av, transcorridos nove meses da sua operação. Por outro lado, Camara & Klein (2005b) observaram que, após transcorridos seis meses da operação de escarificação, em um

Latossolo textura muito argilosa a taxa básica de infiltração de água no solo se mantinha 3,8 vezes superior aquela observada em solo sob PD tendo como planta de cobertura de inverno a aveia preta. Secco & Reinert (1997) observaram que o efeito da escarificação mecânica não persistiu além de dez meses, o que pode explicar a diferença entre os resultados de infiltração obtidos no presente trabalho, com os de Camara & Klein (2005a).

Os tratamentos com escarificação biológica aumentaram em média 46,6 % a lâmina de água infiltrada em relação aos tratamentos sem nabo forrageiro. Resultados distintos foram obtidos por Sobrinho et al. (2003), que observaram redução da taxa de infiltração de água em um Latossolo textura muito argilosa com o uso do nabo forrageiro em relação à taxa infiltração de água da aveia preta. No entanto, naquele caso, os autores realizaram as avaliações para determinação da infiltração de água no solo logo após o manejo das plantas de cobertura de inverno. Já neste trabalho, a decomposição das raízes, ocorrida nos quatro meses transcorridos após o manejo das culturas de cobertura, no mês de outubro de 2006, e as avaliações de infiltração de água, no mês de fevereiro de 2007, pode explicar o aumento da infiltração de água nos tratamentos PD-Nb+Av e Esc-Nb+Av (Figura 7). Este resultado concorda com a experiência do produtor H. Fabrício que

observou na sua lavoura aumento da infiltração de água após alguns meses depois do manejo do nabo forrageiro.

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 (Williams & Weil, 2004). Sasal & Andriulo (2005), a semelhança do verificado neste trabalho, observaram que o nabo forrageiro aumentou as taxas de infiltração de água no solo em um Argissolo da Argentina. O aumento da macroporosidade do solo (Sasal & Andriulo, 2005), a maior estabilidade (Williams & Weil, 2004), continuidade e verticalidade (Sasal et al., 2006) dos bioporos formados pelo sistema radicular do nabo forrageiro são determinantes para o aumento da infiltração de água no solo sob sistema plantio direto.

O maior rendimento de soja foi obtido no tratamento Esc-Nb+Av (3730 kg ha<sup>-1</sup>), que não diferiu estatisticamente de PD-Nb+Av, com produtividade 7,5 % superior à média dos demais tratamentos (Tabela 4). O maior rendimento de soja observado no tratamento Esc-Nb+Av pode ser atribuído à interação entre a maior cobertura de solo proporcionada pela maior produção de fitomassa (Tabela 3), melhores condições físicas (Figura 5) e maior infiltração de água no solo

(Figura 6) e, possivelmente, da maior taxa de mineralização da matéria orgânica do solo escarificado (Lovato et al., 2004), uma vez que o tratamento PD-Nb+Av apresentava cobertura de solo e condições físicas e de infiltração de água no solo semelhantes àquele tratamento. Ainda, os maiores valores de macroporosidade do solo (Figura 5) observados nos tratamentos Esc-Nb+Av e PD-Nb+Av podem ter implicado em uma drenagem mais rápida e melhor oxigenação do solo, o que pode ter contribuído para o maior rendimento de soja neste ano de elevadas precipitações durante o ciclo da cultura.

O efeito residual do nabo como planta descompactadora verificou-se também na cultura do trigo cultivada após a soja (Tabela 4), um ano após a aplicação dos tratamentos, o que demonstra, mais uma vez, que os bioporos formados pelo nabo forrageiro têm alta estabilidade e continuam beneficiando o rendimento das culturas econômicas subsequentes. Em contraste, a escarificação mecânica isoladamente demonstrou-se mais uma vez ser menos eficiente, com rendimentos de trigo intermediários e próximos ao tratamento testemunha.

Tabela 4. Rendimento de grãos de soja e trigo em um Latossolo Vermelho distroférrico textura muito argilosa sob diferentes sistemas de manejo

| Tratamento                        | Soja    | Trigo   | Incremento na Produção acumulada (soja+trigo) |
|-----------------------------------|---------|---------|---|
|                                   |         |         |   |
| Plantio direto de aveia           | 3450 b* | 2200 b* | 0 (referência)                                |
| Plantio direto de nabo e aveia    | 3490 ab | 2570 ab | 410   |
| Aveia em solo escarificado        | 3470 b  | 2300 ab | 120   |
| Nabo e aveia em solo escarificado | 3730 a  | 2580 a  | 660   |

\*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

### 3. Considerações finais

Entre as alternativas avaliadas para aumentar a infiltração de água e melhorar os atributos físicos do solo com reflexos no aumento do rendimento das culturas em lavouras de plantio direto com indícios de compactação destacaram-se o uso do nabo forrageiro consorciado com a aveia preta e o uso combinado do consórcio destas plantas de cobertura com a escarificação mecânica.

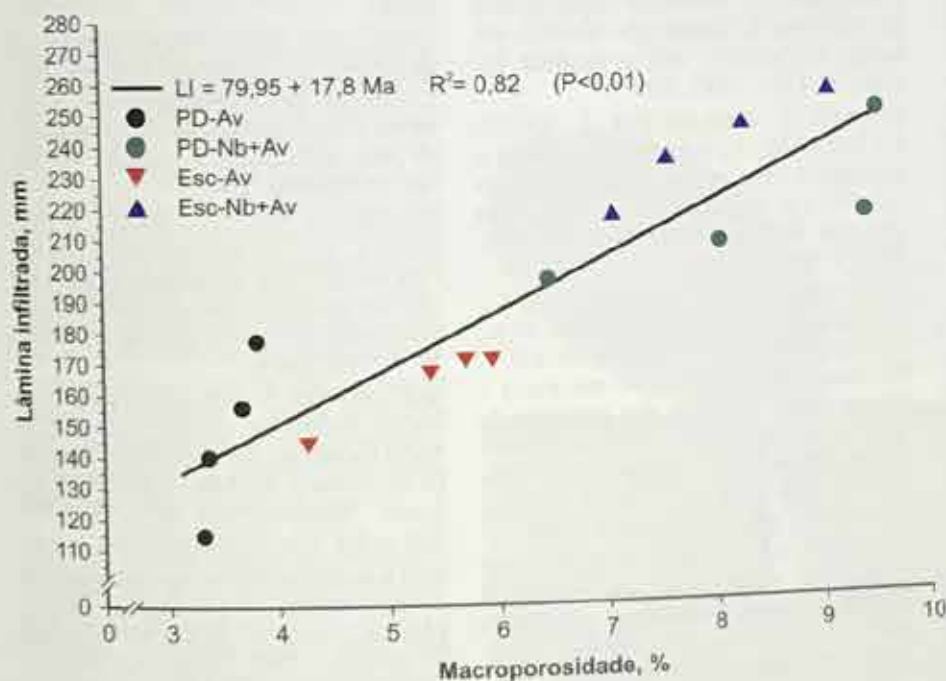


Figura 7. Relação entre macroporosidade do solo e infiltração de água em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa.

#### 4. Agradecimentos

Agradecemos em especial aos produtores rurais Sr. Ildo Rossato, de Fortaleza dos Valos - RS e aos Srs. Arnaldo Gassen, Edvino Jantsch, Humberto Fabrício e Milton Racho de Santa Rosa - RS, que cederam suas áreas e colaboraram ativamente para a realização destes trabalhos. A Coopermil pelo financiamento parcial deste trabalho. Ao CNPq e CAPES pelas bolsas de estudo concedidas.

#### 5. Referências Bibliográficas

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 28:519-531, 2004.

AITA, C.; FRIES, M.R.; GIACOMINI, S.J. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: FERTIBIO 2000, Santa Maria, Anais. Santa Maria, 2000, CD-ROM.

AMADO, T.J.C. O desafio da obtenção de elevados rendimentos em sistemas sustentáveis de produção de Soja. In: Congresso Brasileiro de Soja. Anais. Londrina. p.113-118. 1999.

AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; SANTI, A.; LOVATO, T. A compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. Revista Plantio Direto, 89:34-42, 2005.

BIANCHI, M.A.; FIORIN, J.E.; CANAL, I.N.; PETRERE, C.; CAMPOS, B.C. de. Resposta do trigo à culturas semeadas após o milho no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. Soil Till. Res., 68:49-57, 2002.

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

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. Ci. Rural, 35:813-819, 2005b.

CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. R. Bras. Ci. Solo, 7:197-201, 1983.

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. R. Plantio Direto, 71:29-32, 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Brasília, 1997. 212p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999, 412p.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. R. Bras. Ci. Solo, 27:325-334, 2003.

HILLEL, D. Environmental soil physics. New York, Academic Press, 1998. 770p.

KUBOTA, A.; HOSHIBA, K.; BORDON, J. Green-manure turnip for soybean based no-tillage farming systems in eastern Paraguay. Sci. Agric., 62:150-158, 2005.

LAL, R. Sustainable Land Use Systems and Soil Resilience. In: Greenland, D.J. & Szabolcs, I. (Eds.) Soil resilience and sustainable land use. Budapest, SWCS, p. 41-67. 1994.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, E.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 31:1131-1140, 2007.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 28:175-187, 2004.

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 (submetido para publicação), 2008.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 38. Informações técnicas para a safra 2007: trigo e triticales. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 34. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2006/2007.

Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 237p.

REVISTA PLANTIO DIRETO. A compactação dos solos é um fator limitante da produtividade no plantio direto? R. Plantio Direto, 2006.

ROSSATO, R.R. Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 129p. (Dissertação de Mestrado).

SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C. Maximização da produtividade em áreas sob Plantio Direto. Revista Plantio Direto, 99:9-13, 2007.

SASAL, M.C.; ANDRIULO, A.E. Cambios en la porosidad edáfica bajo siembra directa por la introducción de *Raphanus sativus* L. (nabo forrajero). R. Invest. Agropec., 34:131-150, 2005.

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.

SECCO, D.; REINERT, D.J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-escuro sob PD. Eng. Agric., 16:52-61, 1997.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. R. Bras. Ci. Solo, 28:797-804, 2004.

SILVA, A.A.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. Ci. Rural, 37:928-935, 2007.

SOBRINHO, T.A.; VITORINO, A.T.C.; SOUZA, L.G.F.; GONÇALVES, M.C.; CARVALHO, D.F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. R. Bras. Eng. Agric. Amb., 7:191-196, 2003.

WIETHÖLTER, S. Nitrogênio para Trigo obtido através do cultivo intercalat de Nabo forrageiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, Anais., Ribeirão Preto, 2003. CD-ROM.

WILDNER, L.P. Adubação verde, cobertura e recuperação do solo em sistemas diversificados de produção. CFP/EMPASC, Chapecó. 1990 (relatório final de projeto - PNP Manejo e Conservação do solo) - EMBRAPA.

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