

# POTENCIAL AGRONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Suínos e Aves  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

# **POTENCIAL AGRONÔMICO DOS DEJETOS DE SUÍNOS**

Embrapa Suínos e Aves  
Concórdia, SC  
2019



Embrapa Suínos e Aves  
Rodovia BR 153 - KM 110  
89.715-899, Concórdia/SC  
Caixa Postal 321  
Fone: (49) 3441 0400  
Fax: (49) 3441 0497  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

### **Comitê de Publicações da Embrapa Suínos e Aves**

Presidente: Marcelo Miele

Secretária: Tânia M.B. Celant

Membros: Airton Kunz

Ana Paula Almeida Bastos

Gilberto Silber Schmidt

Gustavo Júlio Mello Monteiro de Lima

Monalisa Leal Pereira

Suplentes: Alexandre Matthiensen

Sabrina Castilho Duarte

Coordenação editorial: Tânia M. B. Celant

Revisão técnica: Airton Kunz, Marcelo Miele e Nádia Solange Schmidt

Revisão gramatical: Lucas Scherer Cardoso

Normalização bibliográfica: Claudia A. Arrieche

Projeto gráfico e editoração eletrônica: Marina Schmitt

1ª edição (2019) Versão eletrônica

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Suínos e Aves

---

Potencial agrônômico dos dejetos suínos / autores, Evandro Carlos Barros... [et al.].  
- Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019.  
52 p.; 21 cm X 29,7 cm. 1 Cartilha.

1. Tratamento de dejetos. 2. Suinocultura. 3. Fertilizante. 4. Meio ambiente  
I. Barros, Evandro Carlos. II. Nicoloso, Rodrigo III. Oliveira, Paulo Armando V. de.  
IV. Côrrea, Juliano Corulli

## AUTORES

**Evandro Carlos Barros**

Agrônomo, mestre em Fisiologia Vegetal, analista da Embrapa Suínos e Aves

**Rodrigo Nicoloso**

Agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

**Paulo Armando V. de Oliveira**

Engenheiro agrícola, doutor em Construções Rurais e Ambiente, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

**Juliano Corulli Corrêa**

Agrônomo, doutor em Agricultura, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introdução .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Composição dos dejetos de suínos .....</b>  | <b>9</b>  |
| Valor agronômico dos dejetos de suínos .....   | 14        |
| Como aproveitar todo esse valor agronômico? .....  | 17        |
| Dejeto de suínos é uma boa fonte de nutriente para plantas? .....  | 20        |
| Conclusões .....   | 20        |
| Referências .....  | 21        |
| <b>Uso de dejetos animais como fertilizante: impactos ambientais e a<br/>experiência de Santa Catarina .....</b>           | <b>22</b> |
| Resposta das plantas e impactos no solo do uso de dejetos como<br>fertilizantes .....                                      | 25        |
| Problemas ambientais pelo uso excessivo de dejetos .....   | 28        |
| Considerações finais.....  | 32        |
| Referências .....  | 33        |
| <b>A água: influência na qualidade dos dejetos .....</b>   | <b>37</b> |
| Manejo de água e produção de dejetos.....  | 40        |
| Referências .....  | 41        |
| <b>Fertilizantes orgânicos e organominerais com dejetos de suínos.....</b>   | <b>42</b> |
| Produção de fertilizantes orgânicos e organominerais .....   | 43        |
| Breve histórico da importância dos fertilizantes orgânicos e<br>organominerais em sistemas conservacionistas do solo ..... | 46        |
| Considerações finais.....  | 48        |
| Referências .....  | 50        |

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de proteína animal. Neste contexto, a suinocultura se destaca como uma das principais atividades geradoras de renda no meio rural, especialmente na região Sul do Brasil. Da mesma forma como produz riquezas e desenvolvimento, também gera grande quantidade de resíduos, em especial na produção intensiva, podendo ser causa de danos ambientais, principalmente, no solo e a água.

Por outro lado, os dejetos possuem em sua composição os principais nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das plantas, ou seja, são uma boa fonte fertilizante que pode ser usada na substituição da adubação mineral. O uso dos dejetos como adubo é a principal forma de disposição nas propriedades rurais, como alternativa sustentável do ponto de vista ambiental, aliado à redução de custos da aquisição de fertilizantes comerciais.

Assim, quando usados de maneira adequada, seguindo recomendações técnicas, podem trazer benefícios ao produtor rural e a sua propriedade. O seu uso como fertilizante nas lavouras, em substituição à tradicional adubação mineral, pode gerar ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente. Para tanto, é fundamental a elaboração de um plano técnico de manejo e adubação que considere a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade, o tipo de solo e as exigências da cultura a ser implantada, prevendo também a adoção das boas práticas de manejo do dejetos nas estrumeiras ou lagoas de contenção, bem como os cuidados na aplicação em lavouras.

Segundo a CQFS-RS/SC (2016), a eficiência dos dejetos animais como fertilizante é semelhante à dos fertilizantes solúveis industrializados. No dejetos líquido de suínos, por exemplo, 80% do nitrogênio contido é disponibilizado no solo, e para fósforo e potássio, os valores são ainda maiores (90% e 100%, respectivamente), já no primeiro cultivo. Outra vantagem do uso dos dejetos como fertilizantes é que eles possuem em sua composição outros macros e micronutrientes, os quais auxiliam o aumento do nível de fertilidade do solo. Por outro lado, apresentam desvantagens como a baixa concentração de nutrientes, acarretando em maiores custos de transporte e aplicação e a dificuldade de ajuste da dosagem de acordo com a necessidade de nutrientes das culturas, uma vez que a proporção entre os nutrientes no dejetos nem sempre coincide

com as exigências demandadas pelas culturas implantadas.

É importante considerar que o uso do dejetos suíno na adubação deve ocorrer em quantidade e modo adequados para potencializar os benefícios dessa prática sem comprometer a qualidade do solo.

## COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS DE SUÍNOS

O dejetos suíno é composto por urina, fezes, resíduos de ração, cerdas, poeira e material particulado, água (desperdício dos bebedouros, limpeza, chuva) e outros materiais gerados no processo produtivo (sangue, por exemplo). Normalmente, apresenta coloração escura, consistência normalmente líquida, mas podendo ser também pastosa ou sólida. Possui elevadas concentrações orgânicas, odor desagradável e características físicas, químicas e biológicas muito variáveis. A sua composição química depende basicamente de três fatores: da dieta ofertada aos animais, do aproveitamento dos nutrientes pelo sistema digestivo dos mesmos, que varia de acordo com a fase de criação, e da quantidade água usada na granja. Boa parte dos nutrientes contidos nas rações são eliminados pelos animais nas fezes e urina. A Tabela 1 apresenta a relação entre a concentração de nutrientes presentes em rações fabricadas por oito empresas comerciais distintas e a real exigência nutricional por parte dos animais em sistema de terminação. Podemos observar que os nutrientes são adicionados em quantidades maiores do que as reais necessidades dos animais. Esse acréscimo não se traduz em benefícios, pois será eliminado nas fezes e urina, compondo os dejetos para uso agrícola, ou serem submetidos a processos de tratamento.

**Tabela 1:** Níveis nutricionais de dietas de crescimento (71 - 110 dias de idade) realizado por algumas empresas comerciais<sup>1</sup> com mesma matriz nutricional.

| Nutriente                            | Uso médio | Exigência média | Diferença (usado - exigência) |        |
|--------------------------------------|-----------|-----------------|-------------------------------|--------|
|                                      |           |                 | Unidades                      | %      |
| Cálcio (Ca) (%)                      | 0,741     | 0,631           | 0,110                         | 17,47  |
| Fosforo total (P) (%)                | 0,581     | 0,524           | 0,057                         | 10,93  |
| Fosforo disponível (%)               | 0,373     | 0,332           | 0,041                         | 12,20  |
| Sódio (Na)(%)                        | 0,259     | 0,180           | 0,079                         | 43,75  |
| Cloro (Cl) (%)                       | 0,366     | 0,170           | 0,196                         | 115,44 |
| Ferro (Fe) (mg.kg <sup>-1</sup> )    | 75,13     | 64,0            | 11,125                        | 17,38  |
| Cobre (Cu) (mg.kg <sup>-1</sup> )    | 64,63     | 9,6             | 55,025                        | 573,18 |
| Manganês (Mn) (mg.kg <sup>-1</sup> ) | 47,38     | 32,0            | 15,375                        | 48,05  |
| Zinco (Zn) (mg.kg <sup>-1</sup> )    | 87,88     | 80,0            | 7,875                         | 9,84   |
| Iodo (I) (mg.kg <sup>-1</sup> )      | 1,07      | 0,80            | 0,265                         | 33,13  |
| Selênio (Se) (mg.kg <sup>-1</sup> )  | 0,30      | 0,29            | 0,006                         | 2,16   |

<sup>1</sup>Média de oito empresas comerciais. Fonte: Pupa (2005)

Em sistemas de criação de leitões, o uso de cobre e zinco pode ser bem maior. A indústria de ração costuma usar doses elevadas de Zn ( $3.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) e de Cu ( $250 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) na ração para a prevenção de diarreias e como estimulante do crescimento, respectivamente.

Somado ao excesso de nutrientes presente em algumas formulações de dieta (rações), acrescenta-se o fator “aproveitamento”, onde boa parte dos nutrientes em excesso passam pelo trato digestivo e são eliminados na forma de fezes e urina. Segundo (Perdomo, 2001), são excretados pelos animais entre 40 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do cálcio e fósforo, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe fornecidos pela ração que passam a compor o teor dos dejetos. Além dos nutrientes citados na Tabela 1, os dejetos em geral possuem boa concentração de potássio e nitrogênio que, juntamente com o fósforo, são os três principais componentes dos fertilizantes minerais formulados comercializados e indicados para a adubação do solo no cultivo agrícola.

Com relação ao nitrogênio, vale destacar a baixa taxa de utilização pelos animais. Considerando os diversos sistemas produção analisados, em média 65 a 70% do nitrogênio presente nas rações são excretados pelas fezes e urina e depositados em estruturas de armazenagem conhecidas como esterqueiras, ou mesmo em biodigestores. Nesses locais, sofre ação biológica, causando a mineralização do nitrogênio orgânico em amônia, a qual é a forma assimilável no N pelas plantas. Por outro lado, também é a forma volatilizável e, portanto, cuidados com aplicações em locais adequados, no momento certo e com uso de equipamentos apropriados devem observados para evitar perdas e danos ambientais.

Todos esses nutrientes presentes nas dietas dos animais e que não são aproveitados por eles estão entre os necessários ao desenvolvimento das plantas. Dessa maneira, para que seja possível fazer a gestão ambiental nas granjas, precisamos ter clareza em relação ao conceito de “balanço de nutrientes” (Figura 1). Ou seja, a quantidade de nutrientes que entra na propriedade via rações e outras fontes externas de nutrientes não pode ser maior que a saída desses. Do contrário, teremos um acúmulo e, conseqüentemente, um desequilíbrio ambiental.

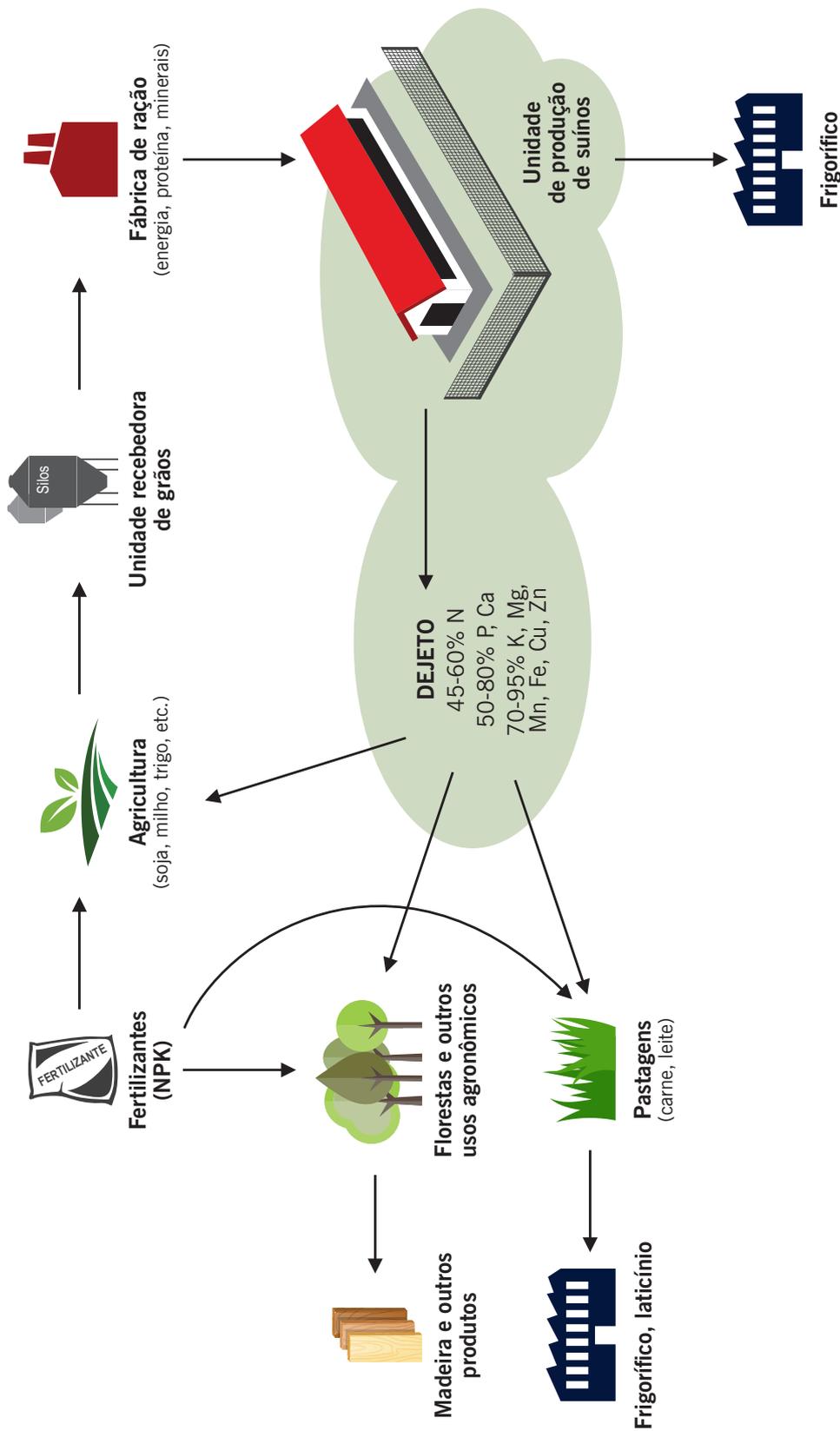


Figura 1: Fluxograma mostrando o conceito de balanço de nutrientes.

No fluxograma acima, e de forma simplificada, podemos considerar que a soja e o milho (os principais componentes da ração utilizada para alimentação dos suínos) são produzidos com uso de fertilizantes constituídos basicamente por nitrogênio, fósforo e potássio. Esse milho e soja são processados na indústria e enriquecidos com macro e micronutrientes originando as rações, que por sua vez são transportadas até as granjas para alimentação dos animais. No entanto, como já mencionado, a maior parte desses nutrientes são excretados via fezes e urina. Para o frigorífico vão os animais, e os dejetos, com boa parte dos nutrientes, ficam na propriedade.

Estes dejetos poderão ser reciclados em áreas de agricultura, pastagens ou reflorestamento dentro da propriedade. Considerando que os grãos, carne, leite e madeira produzidos nestas áreas são, em sua maior parte, exportados, pode-se afirmar que, com o uso dejetos de suínos como fertilizante, parte dos nutrientes também são exportados. Se as importações estiverem em equilíbrio com as exportações, é possível considerar que a propriedade rural é sustentável sob o ponto de vista da dinâmica de nutrientes. No entanto, se as importações superarem as exportações, um sistema de tratamento de efluentes deverá ser empregado para que esta propriedade não se torne uma fonte de poluição ambiental. Os sistemas de tratamento como, por exemplo, as compostagens, podem remover nutrientes, pois transformam os dejetos líquidos em fertilizantes orgânicos sólidos que poderão ser exportados da propriedade para locais com maior demanda por eles. Também é muito pertinente considerar o uso de sistemas de retirada de nutrientes e matéria orgânica dos dejetos como possível rota a ser adotada buscando neutralizar o potencial poluidor dos dejetos. Recentemente, a Embrapa Suínos e Aves lançou o Sistrates, um sistema de tratamento que remove os poluentes para tornar a água residuária do processo passível de reúso na granja ou mesmo que atenda os padrões referenciados na instrução do Conama (CONAMA 430) para lançamento em corpos receptores como córregos e rios.

Após trabalhos intensos de investigação sobre a real emissão de nutrientes por animal nos seus diferentes sistemas de criação, chegou-se aos dados contidos na Tabela 2, os quais nos ajudam a calcular a quantidade de animais que podemos alojar nas granjas.

**Tabela 2:** Oferta de nitrogênio, fósforo e potássio calculado a partir da excreção dos animais.

| Sistema de produção                | Unidade animal | Excreção anual por animal alojado |                               |                  |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                    |                | N                                 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|                                    |                | kg.ano-1                          |                               |                  |
| Unidade de terminação <sup>1</sup> | Suíno alojado  | 8,00                              | 4,3                           | 4,0              |
| UPL 25kg <sup>2</sup>              | Fêmea alojada  | 25,70                             | 18,00                         | 19,40            |
| Creche <sup>3</sup>                | Leitão alojado | 0,40                              | 0,25                          | 0,35             |
| UPL 6kg <sup>4</sup>               | Fêmea alojada  | 14,50                             | 11,00                         | 9,60             |
| Ciclo completo <sup>5</sup>        | Fêmea alojada  | 85,70                             | 49,60                         | 46,90            |

Fonte: FATMA (2014)

<sup>1</sup>Considerando 3,26 lotes por ano (lotes de 105 dias e 7 dias de intervalo entre lotes). Fonte: Tavares (2012)

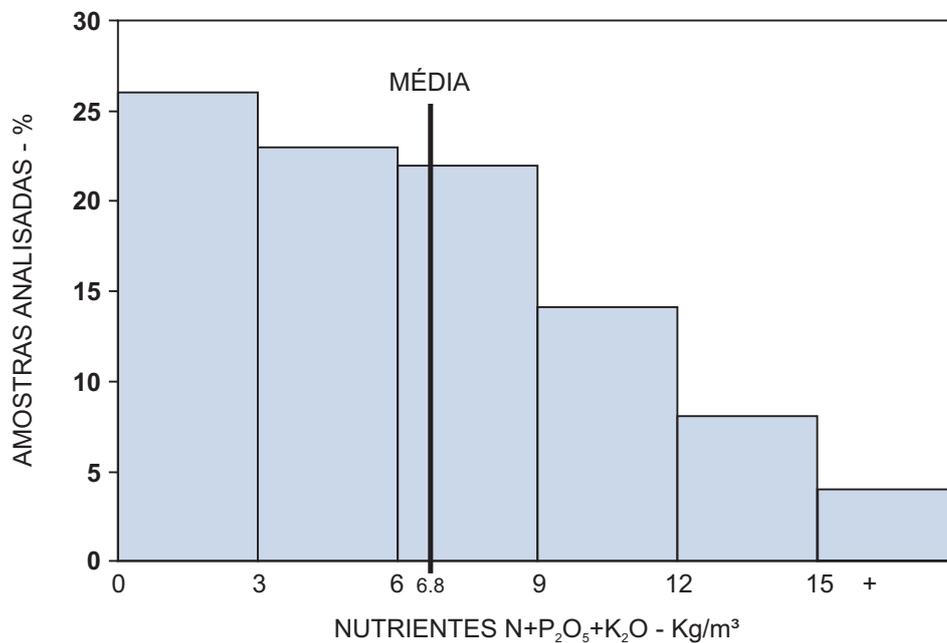
<sup>2</sup>Considerando 2,35 partos por fêmea alojada por ano e produção de 28 leitões por fêmea alojada por ano. Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al., (2007)

<sup>3</sup>Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al., (2007)

<sup>4</sup>Calculado descartando a produção de nutrientes da fase creche em relação a UPL 25 kg. Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al., (2007)

<sup>5</sup>Considerando 2,35 partos por fêmea alojada por ano e produção de 28 leitões por fêmea alojada por ano e 12 suínos terminados por fêmea alojada por ano. Calculado a partir dos dados de UPL 25 kg e terminação. Fonte: CORPEN (2003); Dourmade et al., (2007). Em função de não haver dados atualizados disponíveis referentes à excreção de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por unidade animal alojada nos rebanhos para UPL e creche no Estado de Santa Catarina, utilizou-se como referência CORPEN (2003) e Dourmade et al., (2007) devido à similaridade do sistema de produção e número de animais entre os rebanhos da França e Santa Catarina.

A Tabela 2 apresenta as médias de emissões de nutrientes nos sistemas de criação mais comuns encontrados nas maiores regiões produtoras de suínos do Brasil. A quantidade de nutrientes excretados pelos animais é bastante uniforme, porém, quando se analisa o dejetos de um conjunto de granjas, observa-se variação bastante grande na concentração de nutrientes. Isso está relacionado diretamente aos cuidados com a gestão de água nas granjas. Esse assunto será tratado de maneira mais profunda no Módulo 2, mas podemos adiantar que granjas com boa gestão de água geram dejetos com alto valor agrônômico e o contrário também é verdadeiro. Portanto, a variação na concentração de nutrientes nos dejetos se deve basicamente a maior ou menor entrada de água no sistema. Essa água é desperdiçada em bebedouros mal calibrados ou com vazamentos, calhas abertas com entrada de água da chuva, infiltrações nas redes de coleta, etc. A Figura 2 apresenta o somatório de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em amostras de dejetos de suínos. É possível verificar a variabilidade de concentrações desses nutrientes. Em praticamente 50% da granjas analisadas, os dejetos de suínos possuem menos de 6 kg de nutrientes por m<sup>3</sup>. Essa diluição gera aumento desnecessário nos custos com transporte desse fertilizante até as lavouras.



Fonte: Scherer et al.,(1995)

**Figura 2:** Distribuição relativa de frequências das amostras de dejetos suínos quanto ao teor de matéria seca.

## Valor agronômico dos dejetos de suínos

Uma pergunta que corriqueiramente se faz é: dejetos de suínos possuem valor? A resposta é sim. O valor dos dejetos está ligado diretamente a sua composição. Quanto maior for a quantidade de nutrientes presentes no dejetos, maior será seu valor agronômico e, conseqüentemente, econômico. Na Tabela 3, podemos observar as quantidades de nutrientes presentes nos mais variados resíduos oriundos da produção agropecuária.

Usando como base o esterco líquido de suínos (Tabela 3) com 3% de matéria seca, podemos afirmar que em sua composição existem 2,8 kg de nitrogênio, 2,4 kg de fósforo e 1,5 kg de potássio por metro cúbico, além de cálcio e magnésio dentre outros micronutrientes não listados na tabela, mas que existem em menor concentração. Vale lembrar que quanto maior for o teor de matéria seca dos dejetos, maiores serão as concentrações desses nutrientes. Considerando que o excesso de água é o que provoca a diminuição no teor de matéria seca dos dejetos (diluição), podemos concluir que quanto menor for o volume de água usada na granja, maior valor agronômico terá o dejetos oriundo da criação.

**Tabela 3:** Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca de alguns materiais orgânicos<sup>1</sup>

| Material orgânico                       | C-org.   | N <sup>(2)</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca         | Mg         | Matéria seca |
|---|----------|------------------|-------------------------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <b>% (m/m)</b>                          |          |                  |                               |                  |            |            |              |
| Cama de frango (3-4 lotes) <sup>3</sup> | 30       | 3,2              | 3,5                           | 2,5              | 4,0        | 0,8        | 75           |
| Cama de frango (5-6 lotes)              | 28       | 3,5              | 3,8                           | 3,0              | 4,2        | 0,9        | 75           |
| Cama de frangos (7-8 lotes)             | 25       | 3,8              | 4,0                           | 3,5              | 4,5        | 1,0        | 75           |
| Cama de peru (2 lotes)                  | 23       | 5,0              | 4,0                           | 4,0              | 3,7        | 0,8        | 75           |
| Cama de poedeira                        | 30       | 1,6              | 4,9                           | 1,9              | 14,4       | 0,9        | 72           |
| Cama sobreposta de suínos               | 18       | 1,5              | 2,6                           | 1,8              | 3,6        | 0,8        | 40           |
| Esterco sólido de suínos                | 20       | 2,1              | 2,8                           | 2,9              | 2,8        | 0,8        | 25           |
| Esterco sólido de bovinos               | 30       | 1,5              | 1,4                           | 1,5              | 0,8        | 0,5        | 20           |
| Vermicomposto                           | 17       | 1,5              | 1,3                           | 1,7              | 1,4        | 0,5        | 50           |
| Lodo de esgoto                          | 30       | 3,2              | 3,7                           | 0,5              | 3,2        | 1,2        | 5            |
| Composto de lixo urbano                 | 12       | 1,2              | 0,6                           | 0,4              | 2,1        | 0,2        | 70           |
| Cinza de casca de arroz                 | 10       | 0,3              | 0,5                           | 0,7              | 0,3        | 0,1        | 70           |
| <b>kg/m<sup>3</sup></b>                 |          |                  |                               |                  |            |            |              |
| <b>Esterco líquido de suínos</b>        | <b>9</b> | <b>2,8</b>       | <b>2,4</b>                    | <b>1,5</b>       | <b>2,0</b> | <b>0,8</b> | <b>3</b>     |
| Esterco líquido de bovinos              | 13       | 1,4              | 0,8                           | 1,4              | 1,2        | 0,4        | 4            |

<sup>1</sup>Concentração calculada com base em material seco em estufa a 65°C. m/m = relação massa/massa.

<sup>2</sup>A fração de N na forma amoniacal (N-NH<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) é, em média, de 25% na cama de frangos, 15% na cama de poedeiras, 30% no lodo de esgoto, 25% no esterco líquido de bovinos e 50% no esterco líquido de suínos.

<sup>3</sup>Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama. Fonte: SBCS (2016).

**Tabela 4:** Relação entre dejetos de suínos e fertilizante mineral considerando apenas a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio.

| Tipo | M.S. (%) | N (kg) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg) | K <sub>2</sub> O (kg) | TOTAL NPK | EQUIV.* (kg) |
|------|----------|--------|------------------------------------|-----------------------|-----------|--------------|
| 1    | 2,1      | 2,21   | 1,75                               | 1,25                  | 5,21      | 9,7          |
| 2    | 3,0      | 2,83   | 2,37                               | 1,50                  | 6,70      | 12,4         |
| 3    | 3,9      | 3,44   | 2,99                               | 1,75                  | 8,18      | 15,2         |
| 4    | 5,1      | 4,21   | 3,75                               | 2,06                  | 10,02     | 18,6         |

\*Equivalente em kg da formulação fertilizante 09-33-12

Fonte: SBCS (2016) adaptado pelo autor.

A Tabela 4 faz um comparativo entre dejetos e fertilizante mineral. A comparação é entre dejetos com diferentes teores de matéria seca (MS) e suas respectivas equivalências em relação a um determinado fertilizante mineral. Fica claro que dejetos com muita água na sua composição, como é o caso do dejetos tipo 1, que possui apenas 2,1% de

matéria seca, conseqüentemente também terá baixo valor agrônômico. No exemplo citado, podemos concluir que um metro cúbico de dejetos com estas características equivale a 9,7 kg do fertilizante mineral de fórmula 09-33-12 usado como referência nesse caso. Por outro lado, se usarmos o dejetos tipo 4 com 5,1% de MS, o valor fertilizante do dejetos passa a ser bem maior, ou seja, um metro cúbico desse dejetos equivale a 18,6 kg do fertilizante mineral usado como referência. Portanto, seu valor fertilizante por m<sup>3</sup> quase que dobra em granjas onde existe controle no uso da água.

Também vale lembrar que a dose de dejetos a ser usada para atender a demanda da cultura implantada muda bastante. Dessa maneira, quanto menor for a diluição desses dejetos, maior será seu valor fertilizante e, conseqüentemente, menor será a dose a ser usada e menores serão os custos para transporte e distribuição. Vale lembrar que caso o produtor use fertirrigação, a água deixa de ser uma vilã, torna-se bem-vinda, e as preocupações com o fator água diminuem.

Vejamos agora o cálculo aproximado para se chegar a um valor econômico por metro cúbico de dejetos. Para fins de exemplo, usaremos uma granja com 1.000 suínos em sistema de terminação:

Usando os valores presentes na Tabela 2, podemos calcular a oferta de nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) por animal alojado por ano. Ou seja, calcular a liberação desses nutrientes pelo período de um ano.

Mil suínos criados no sistema de terminação liberam anualmente nas estrumeiras ou lagoas de armazenagem cerca de 8.000 kg de N, 4.300 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 4.000 kg de K<sub>2</sub>O, totalizando 16.300 kg desses nutrientes. Com isso, é possível elaborarmos uma estimativa de valor, pois podemos comparar a fontes de fertilizantes minerais comercializados pela indústria.

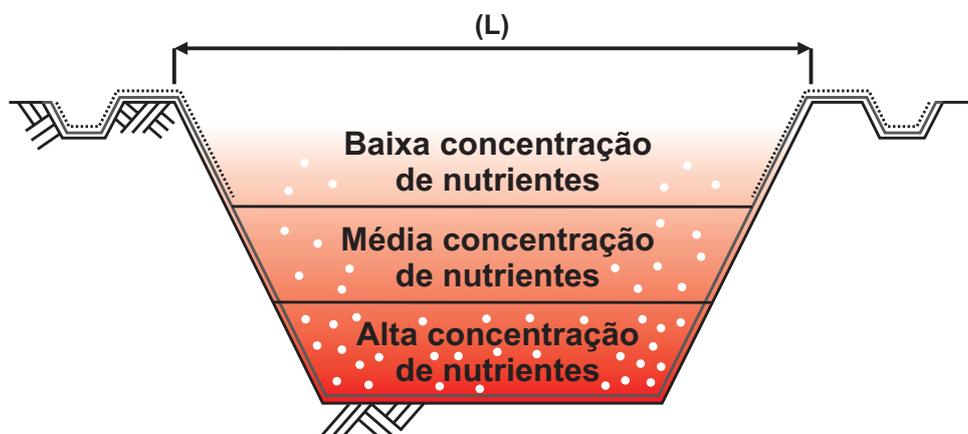
Não podemos esquecer que existem perdas de nutrientes e que isso é difícil de mensurar, como é o caso do nitrogênio que, por volatilização durante a armazenagem e distribuição nas lavouras, perde boa parte de seu conteúdo. Mesmo assim, os dejetos representam um valioso insumo disponível ao agricultor e com valor bastante interessante. Os custos com transporte desses dejetos até a lavoura também precisam ser considerados, porém do ponto de vista ambiental a substituição da adubação mineral pelos dejetos é algo bastante importante e necessário, e normalmente ocorrem ganhos econômicos.

## Como aproveitar todo esse valor agrônômico?

Para conseguirmos alcançar um bom aproveitamento do valor agrônômico e econômico desse material, alguns cuidados deverão ser tomados pelo produtor ou usuário dos dejetos de suínos. Dentre eles, destacam-se:

### a) Agitação do dejetos na estrumeira

Durante o tempo de armazenagem dos dejetos na estrumeira, que poderá ser maior que 120 dias em alguns casos, pois depende do ciclo das culturas a serem implantadas (Vide IN 11 Fatma/IMA), o dejetos naturalmente sofre processo de separação física da parte sólida em relação à líquida. Essa decantação faz com que grande parte da fração orgânica sedimente até o fundo da estrumeira e com ela a maior parte do P também (Figura 3).



**Figura 3:** Vista frontal de uma estrumeira destacando sedimentação da matéria orgânica dos dejetos.

Essa estratificação não é bem-vinda, pois os equipamentos de sucção (Figura 4) ou bombas de fertirrigação acabam levando a parte superficial e deixando a parte mais sólida e mais rica em nutrientes para o final, sendo que na maioria das vezes não consegue sequer retirar todo o material do fundo da estrumeira. Isso gera desuniformidades na distribuição dos nutrientes a campo, fazendo com que partes da lavoura recebam baixas doses de nutrientes enquanto que, em outras, a carga de nutrientes é alta o suficiente para causar problemas ambientais.



Foto: Evandro Barros

**Figura 4:** Estrumeira com sistema de agitação para homogeneização do material.

### **b) Aplicação no solo**

Alguns cuidados também devem ser tomados a fim de aproveitar da melhor forma possível os nutrientes no solo. Um deles está ligado à maneira de disposição dos dejetos no solo, que pode ser via aplicações aéreas com distribuidores específicos para esse fim, por injeção no solo ou por fertirrigação. A maneira mais usual é a aplicação aérea, onde os dejetos são succionados da estrumeira e lançados ao solo por meio de um equipamento chamado de distribuidor de esterco (Figura 5). Por esse método, todos os nutrientes contidos no dejetos são depositados na superfície do solo e, conseqüentemente, sujeitos à ação de intempéries como, por exemplo, a chuva. Caso essa chuva seja de alta intensidade, causando escoamento superficial, fatalmente os resíduos, o solo e os fertilizantes existentes na superfície serão arrastados para a área mais baixa do terreno, onde muitas vezes passam corpos d'água gerando possíveis efeitos danosos ao ambiente aquático e aos organismos que ali vivem. Outro fator importante é a característica que alguns nutrientes possuem de serem pouco móveis no solo, como é o caso do P. Especificamente sobre esse nutriente, podemos afirmar que ao mesmo tempo em que no solo é essencial ao desenvolvimento das culturas, na água, juntamente com o N, causa eutrofização, impactando negativamente no meio ambiente. Dessa maneira, os cuidados precisam ser redobrados com relação a esses nutrientes.

Uma alternativa é a injeção no solo (Figura 6), onde por meio de um equipamento específico o dejetos é injetado a uma profundidade de até 10 cm, evitando as perdas de N por volatilização e dos demais por escoamento superficial, resultando também em melhores resultados agrônômicos das culturas implantadas devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes.

Foto: Evandro Barros



**Figura 5:** Aplicação de dejetos de suínos na superfície do solo

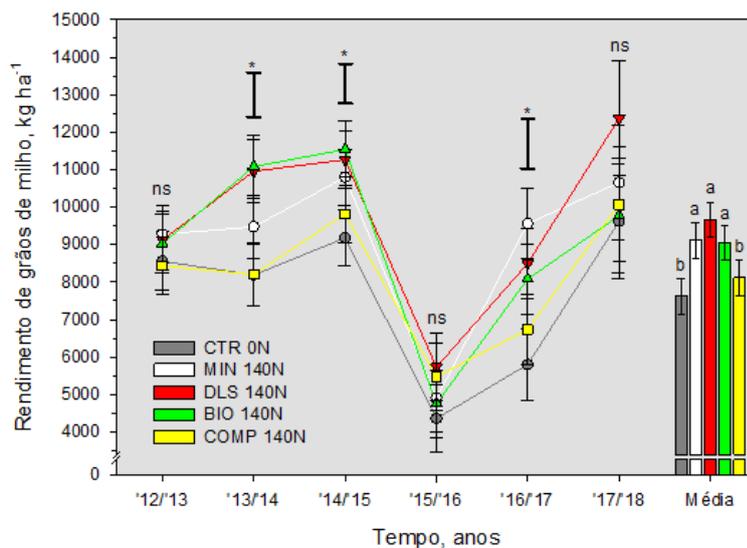
Foto: Rodrigo Nicoloso



**Figura 6:** Detalhe do equipamento de injeção de dejetos líquidos no solo

## Dejeto de suínos é uma boa fonte de nutrientes para plantas?

Durante algumas safras agrícolas comparou-se a produtividade de milho adubado com algumas fontes de nutrientes, dentre elas o dejeto. Foi possível concluir que tanto em sistemas de plantio direto na palha como em sistema convencional de cultivo, o rendimento da cultura adubada com fertilizante mineral se assemelhou ao rendimento da cultura adubada com dejetos de suínos, desde que adicionadas as mesmas quantidade de NPK (figura 7). Dessa maneira não há razões para não substituir uma fonte mineral de nutrientes pela adubação orgânica por meio dos dejetos, os quais necessitam de uma rota de uso adequada para evitar problemas ambientais.



Fonte: Nicoloso, dados não publicados

**Figura 7:** Produtividade do milho cultivado com diferentes fontes de nutrientes (dejetos de suínos, composto orgânico, saída de biodigestor e adubação mineral).

## Conclusões

Dejetos de suínos são um importante insumo agrícola disponível ao agricultor e que podem trazer benefícios econômicos quando substituímos parte da adubação mineral pela orgânica na forma de dejetos. Evidentemente, é necessário o uso de critérios técnicos para cálculos de doses e que sejam seguidas as boas práticas de cultivo, respeitando época, declividade, cobertura e proteção de solo e manejo dos dejetos anterior à aplicação.



### Material de apoio

#### Instrução Normativa nº 11, outubro 2014

Fundação do Meio Ambiente (Santa Catarina)

### Referências

COSTA, R. H. R. **Lagoas de alta taxa de degradação e de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos**. Florianópolis: UFSC, 1997 .

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. **Suinocultura Industrial**, Itu, v.152, n. 23, p. 16-26, 2001.

PUPA, J. M. R., ORLANDO, U. A. D.; HANNAS, M. I.; LIMA, I. L. Níveis nutricionais utilizados nas dietas de suínos no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF POULTRY AND SWINE, 2, 2005, Viçosa. **[Anais]**. Vicosa: UFV, 2005. p. 349-374.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Potencial fertilizante do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 35-39, 1995.

MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

## USO DE DEJETOS ANIMAIS COMO FERTILIZANTE: IMPACTOS AMBIENTAIS E A EXPERIÊNCIA DE SANTA CATARINA

O Brasil é um dos maiores produtores de proteína animal do mundo e também um dos principais produtores de grãos, fazendo da agropecuária um dos motores da economia brasileira. Por sua interdependência, frequentemente os estabelecimentos agrícolas de produção de grãos são integrados com atividades de produção animal ou, quando não ocorrem no mesmo estabelecimento, é comum a existência de ambas as atividades em uma mesma região. A produção animal gera como subproduto os dejetos de animais, os quais são ricos em nutrientes, e constituem excelentes fertilizantes para as plantas. Contudo, o uso desses resíduos deve ser feito de maneira criteriosa, pois, se utilizados de maneira incorreta, esses materiais podem causar danos ambientais severos. Serão abordadas aqui as principais características dos dejetos animais de ocorrência comum nos estabelecimentos rurais do estado de Santa Catarina, descrevendo seu potencial de utilização como fertilizantes e a resposta das plantas a esses materiais, usando como exemplos dados de pesquisa obtidos no estado. Também será discutida a avaliação de risco ambiental de áreas com uso de dejetos animais.

**Tabela 1.** Produção de resíduo e quantidades anuais de nutrientes contidas nos dejetos de diferentes animais e categorias.

| Origem  | Resíduo orgânico                  | Produção de resíduo               | N total               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|         |                                   | m <sup>3</sup> por animal por ano | Kg por animal por ano |                               |                  |
| Aves    | Frangos 1.000 aves <sup>1,2</sup> | 1,42                              | 67,0                  | 71,0                          | 62,0             |
| Suínos  | Suínos terminação                 | 1,64                              | 8,0                   | 4,3                           | 4,0              |
|         | Suínos creche                     | 0,84                              | 0,4                   | 0,25                          | 0,35             |
|         | Suínos UPL                        | 8,32                              | 25,7                  | 18,0                          | 19,4             |
|         | Suínos CC                         | 17,2                              | 85,7                  | 49,6                          | 46,9             |
| Bovinos | Leite                             | 20,0                              | 65,6                  | 36,8                          | 61,8             |

<sup>1</sup>Calculado a partir de Miele et al. (2015) e Nicoloso e Oliveira (2016). Produção de dejetos e nutrientes por animal alojado: para unidades de terminação, considerando 3,26 lotes de suínos em terminação por ano; para creches considerando leitões até 28 dias; para unidades de produção de leitões (UPL) e ciclo completo (CC), a unidade é a matriz alojada, considerando 2,35 partos por ano, 12 leitões por parto e 11,5 leitões terminados por matriz por parto.

<sup>2</sup>Calculado para 1.000 aves a partir de Nicoloso et al. (2016), e considerando 13 aves alojadas por metro quadrado, 0,10 m de espessura de cama, densidade da cama de 600 kg por metro cúbico e troca de cama a cada 15 lotes de 42 dias e 7 dias de intervalo.

Embora os nutrientes minerais essenciais para as plantas sejam em número de 14, nos solos sul-brasileiros, em razão do menor grau de intemperismo e do uso frequente de calcário para corrigir a acidez, apenas os macronutrientes primários (N, P e K) são considerados no sistema de cálculo da adubação orgânica para as culturas (Manual..., 2016). Pelo sistema de recomendação de adubação do Sul do Brasil, depois de obtidos os valores de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  requeridos pelas culturas por meio da interpretação da análise de solo, o usuário pode escolher a fonte de fertilizante a ser utilizada – mineral ou orgânica. No caso dos resíduos orgânicos, como cada um deles possui proporção fixa de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  (não existem “fórmulas”), normalmente se calcula a quantidade máxima do material orgânico que pode ser colocada para suprir um dos nutrientes, complementando os demais com fertilizantes minerais.

Quanto ao uso de fertilizantes orgânicos, é importante considerar que nem todo o nutriente presente no material orgânico será imediatamente disponibilizado para as plantas, pois parte dos nutrientes pode estar associada a material orgânico indisponível ou de lenta decomposição (Nicoloso et al., 2016). Assim, para os diferentes materiais, são atribuídos índices de liberação dos nutrientes, como os apresentados na Tabela 2. Por exemplo, a cama de frangos apresenta índice de eficiência agronômica para N de 0,5 ou 50%. Isso significa que apenas 50% do teor de N total presente no fertilizante estará disponível para o primeiro cultivo após a aplicação no solo (efeito imediato). No entanto, a cama de frango apresenta ainda um efeito residual de 20% para o N, que estará disponível para a cultura subsequente (segundo cultivo), enquanto os 30% restantes do N são considerados indisponíveis para as culturas.

No sistema de recomendação de adubação, a dose de fertilizante orgânico a ser aplicada ao solo considera as quantidades de nutrientes recomendadas para uma dada cultura, com base na análise do solo, sua expectativa de rendimento, teor e índice de eficiência agronômica do fertilizante a ser empregado, podendo ser calculada de acordo com as equações 1 e 2 descritas a seguir (Nicoloso et al., 2016):

**Equação 1: Fertilizantes sólidos**

$$DOSE (t ha^{-1}) = QRN / ((MS/100) \times C \times (IE/100))$$

**Equação 2: Fertilizantes líquidos**

$$DOSE (m^3 ha^{-1}) = QRN / (C \times (IE/100)) \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

**Tabela 2.** Mineralização de nutriente nos dois primeiros cultivos após a aplicação dos principais resíduos oriundos de dejetos provindos da avicultura, bovinocultura e suinocultura.

| Origem animal | Resíduo orgânico              | N total |    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |    | K <sub>2</sub> O |   |
|---------------|-------------------------------|---------|----|-------------------------------|----|------------------|---|
|               |                               | 1       | 2  | 1                             | 2  | 1                | 2 |
| %             |                               |         |    |                               |    |                  |   |
| Aves          | Cama de frango                | 50      | 20 | 80                            | 20 | 100              | 0 |
|               | Cama de peru                  | 50      | 20 | 70                            | 20 | 100              | 0 |
|               | Cama de poedeiras             | 50      | 20 | 70                            | 20 | 100              | 0 |
| Suínos        | Esterco sólido de suínos      | 60      | 20 | 80                            | 20 | 100              | 0 |
|               | Dejeto líquido de suínos      | 80      | 0  | 90                            | 10 | 100              | 0 |
|               | Cama sobreposta de suínos     | 20      | 0  | 70                            | 30 | 100              | 0 |
|               | Composto de dejetos de suínos | 20      | 0  | 70                            | 30 | 100              | 0 |
| Bovinos       | Esterco sólido de bovinos     | 30      | 20 | 80                            | 20 | 100              | 0 |
|               | Dejeto líquido de bovinos     | 50      | 20 | 80                            | 20 | 100              | 0 |

Fonte: Adaptado de Nicoloso et al. (2016)

*DOSE* = quantidade de adubo orgânico a ser aplicada no solo (t ha<sup>-1</sup> para sólidos ou m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para líquidos);

*QRN* = quantidade recomendada do nutriente;

*MS* = percentagem de matéria seca do fertilizante orgânico sólido, obtida na Tabela 1;

*C* = concentração de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O no fertilizante orgânico, em kg t<sup>-1</sup>, obtida na Tabela 1;

*IE* = índice de eficiência agronômica do fertilizante, obtido na Tabela 4.

Considerando o mesmo exemplo para produção de milho descrito no item 2, com necessidades de adubação de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; usando cama de aves como fonte de nutrientes e a Equação 1, descrita acima, têm-se os seguintes valores:

a) Para atender a demanda de N:

$$\text{Dose} = 160 / \left( \left[ \frac{75}{100} \right] \times 38 \times \left[ \frac{50}{100} \right] \right) = 11,2 \text{ t ha}^{-1}$$

b) Para atender a demanda de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:

$$\text{Dose} = 120 / \left( \left[ \frac{75}{100} \right] \times 40 \times \left[ \frac{80}{100} \right] \right) = 5,0 \text{ t ha}^{-1}$$

c) Para atender a demanda de  $K_2O$ :

$$\text{Dose} = 80 / [(75/100) \times 35 \times (100/100)] = 3,0 \text{ t ha}^{-1}$$

Neste caso, a recomendação técnica é usar a menor dose recomendada, ou seja, para este caso,  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$  de cama aviária, a fim de atender a demanda de K do milho, complementando a adubação com N e P por meio de outra fonte de fertilizante mineral (Nicoloso et al., 2016). Ressalta-se que, se fosse feita a opção pela dose mais alta ( $11,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), visando atender a demanda de N, isso resultaria em um aporte excessivo de  $149 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  e  $214 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , o que deve ser evitado a fim de que sejam mitigados possíveis impactos ambientais do excesso de P, especialmente relacionados à eutrofização de águas (Gatiboni et al., 2015a). Se, por sua vez, a aplicação fosse excessiva para N, os problemas relacionados seriam a lixiviação de nitrato, a volatilização de amônia e a emissão de óxido nitroso (Aita et al., 2014).

Assim, embora sejam excelentes fertilizantes, os dejetos apresentam algumas dificuldades de uso em relação aos fertilizantes industrializados, como a baixa concentração de nutrientes nos dejetos. Isso acarreta em algumas desvantagens, tais como maiores custos de transporte e aplicação do material e, principalmente, a dificuldade de ajuste das dosagens de dejetos conforme a necessidade de nutrientes das culturas, já que a proporção entre os nutrientes no dejetos nem sempre coincide com a demandada pelas culturas. Apesar disso, os resíduos orgânicos podem ser tranquilamente utilizados como fertilizantes dentro de um sistema racional de gestão de resíduos na propriedade rural, mas deve-se ter um manejo adequado a fim de balancear as quantidades de nutrientes aplicadas via dejetos com as necessidades das plantas para se evitar impactos ambientais indesejáveis pela adição excessiva de nutrientes. Cabe ressaltar que, quando utilizados adequadamente, os resíduos podem ser tão eficientes quanto os fertilizantes industrializados na resposta pelas plantas.

## Resposta das plantas e impactos no solo do uso de dejetos como fertilizantes

Para exemplificar as consequências do uso de dejetos como fertilizantes em solos catarinenses, serão descritos três experimentos de longo prazo (10 anos) conduzidos por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão

Rural de Santa Catarina (Epagri), em diferentes regiões do estado de Santa Catarina.

Um experimento foi conduzido por 10 anos por um grupo de pesquisa da UFSC e avaliou diferentes aspectos da adubação com dejetos de suínos. O experimento foi conduzido sob sistema plantio direto em um solo com 33% de argila no município de Braço do Norte, SC, com cultivo de milho no verão e cobertura de aveia preta no inverno. Os tratamentos testados foram ureia, dejetos líquidos de suíno e composto de dejetos de suínos com o objetivo de suprir a necessidade de N das culturas. Nos 10 anos de condução do experimento, de maneira geral, observou-se que a substituição da ureia por uso de dejetos de suínos ou composto de dejetos de suínos acarretou em produtividades equivalentes ou superiores quando foram utilizados os dejetos em relação ao uso da ureia. No período, observou-se que o uso de composto de dejetos de suínos aumentou o teor de carbono (C) do solo, melhorou a agregação e diminuiu a densidade do solo, havendo um ambiente mais favorável para o crescimento radicular (Comin et al., 2013). No entanto, esses benefícios não foram observados quando do uso de dejetos líquidos de suínos. O uso dos fertilizantes orgânicos, principalmente o composto, aumentou a atividade microbiana do solo (Morales et al., 2016). O uso de dejetos líquidos ou composto durante 10 anos aumentou a matéria orgânica do solo e a CTC do solo em até 30 cm de profundidade, e o composto também provocou elevação do pH e diminuição da saturação de alumínio (Al) até a mesma profundidade. Por sua vez, o uso de dejetos líquidos não afetou o pH nem o alumínio do solo (Brunetto et al., 2012). Contudo, o uso dos fertilizantes orgânicos, baseado na necessidade de N das culturas, provocou grande acúmulo de outros nutrientes no solo (os quais têm demanda menor pelas culturas). Foram observados teores de P no solo de 5 a 13 vezes maiores que os valores adequados para as culturas (Guardini et al., 2012a), o que deixou esses solos com alto potencial de poluição do ambiente (Guardini et al., 2012b). Além disso, constatou-se acumulação de cobre (Cu) e zinco (Zn) no solo com o uso dos fertilizantes orgânicos (Tiecher et al., 2013), embora os altos teores desses nutrientes não tenham causado efeito tóxico para o milho (Benedet et al., 2016).

Um grupo de pesquisa da Udesc conduziu um experimento por 15 anos e avaliou diferentes aspectos da adubação com dejetos de suínos. O experimento foi conduzido sob sistema plantio direto em um solo com 68% de argila no município de Campos Novos, SC, com cultivo de milho no verão e cobertura de aveia preta no inverno. Os tratamentos testados foram a adubação mineral segundo recomendações técnicas, e a

aplicação de dejetos e doses de dejetos líquido de suínos até 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Nos 15 anos de condução do experimento, observou-se que a substituição da adubação mineral por dejetos líquidos de suínos acarretou em produtividades de milho equivalentes ou superiores ao uso de adubação mineral (Cassol et al., 2012), evidenciando a efetividade dos dejetos como fornecedores de nutrientes para as plantas. Semelhantemente ao relatado anteriormente para solo arenoso, a aplicação continuada de dejetos de suínos não provocou alterações de pH (Cassol et al., 2012), mas houve manutenção da qualidade física (Arruda et al., 2010) e da matéria orgânica do solo (Mafra et al., 2014), enquanto o uso da adubação mineral provocou maior reacidificação do solo (Cassol et al., 2011). Houve elevação dos teores de N, cálcio (Ca), magnésio (Mg), P, e K no solo (Cassol et al., 2012; Gorskopf et al., 2015), aumentando também a perda desses nutrientes por lixiviação, exceto o P (Gorskopf et al., 2016; Sacomori et al., 2016).

Também na região de Campos Novos, SC, um grupo de pesquisadores da Epagri, representado no trabalho de Pandolfo et al. (2008), avaliou um experimento conduzido por 10 anos em um solo muito argiloso, testando vários sistemas de preparo do solo e fontes de nutrientes. Os autores mostraram que o melhor desempenho técnico foi obtido quando o solo foi manejado sob plantio direto e não houve diferença entre o uso de adubação mineral, dejetos líquidos de bovinos e dejetos líquidos de suínos; porém o uso de cama aviária teve desempenho superior em aspectos relacionados aos atributos químicos do solo e desempenho das plantas.

Pelo exposto nos exemplos descritos anteriormente, os fertilizantes orgânicos podem substituir os fertilizantes industrializados sem prejuízos para a produtividade das culturas. Além disso, o uso dos fertilizantes orgânicos retarda a reacidificação do solo e melhora sua qualidade química e biológica, com aumento de matéria orgânica, dos teores de macro e micronutrientes e elevação da atividade microbiana. Também são observadas melhorias na qualidade física do solo, como aumento de porosidade, diminuição da densidade e melhoria da agregação, principalmente quando são usados fertilizantes orgânicos na forma sólida, como cama aviária ou composto de dejetos. Por sua vez, alguns nutrientes como P, Cu e Zn são acumulados no solo e podem aumentar seu risco ambiental.

### Problemas ambientais pelo uso excessivo de dejetos

Uma das maiores dificuldades do uso racional é o ajuste das dosagens de dejetos conforme a necessidade de nutrientes das culturas, já que a proporção entre os nutrientes no dejetos nem sempre coincide com a demandada pelas culturas. Sobre esse último aspecto, enquanto para os fertilizantes industrializados pode-se escolher entre dezenas de formulações com diversas concentrações e proporções entre os nutrientes, nos dejetos líquidos de suínos, por exemplo, a proporção média de  $N:P_2O_5:K_2O$  é de 1,9:1,6:1,0, embora essa proporção possa variar muito conforme as condições de geração e armazenamento do dejetos. Se considerarmos que as plantas necessitam muito mais N do que P, como, por exemplo, as necessidades da cultura do milho, que exporta uma proporção aproximada de 2,7:1,3:1,0 de  $N:P_2O_5:K_2O$  para os grãos (Bona et al., 2016), é nítido concluir que, se o dejetos for aplicado no solo para suprir a demanda de N, certamente estará sendo aplicado P além do necessário para a planta. Com isso, haverá aumento do teor desse nutriente no solo, o que se constitui no principal problema ambiental relacionado ao uso de dejetos: a aplicação de doses excessivas de P.

Embora o P seja fortemente fixado às partículas do solo, as perdas em relação a esse nutriente ocorrem principalmente pelo escoamento superficial e pela erosão do solo, os quais transportam água e partículas do solo e o P ligado a elas (Gatiboni et al., 2015a, 2015b). A aplicação continuada de dejetos na camada superficial do solo provoca seu enriquecimento. Quando isso ocorre, o P pode ser transferido para os sistemas aquáticos com maior intensidade. A saturação desse nutriente na camada superficial também ocasiona maior liberação de P para a solução do solo e, conseqüentemente, a migração do elemento via drenagem vertical do solo (Gatiboni et al., 2015a, 2015b). O aumento de P nos sistemas aquáticos é extremamente danoso para o ambiente, pois, da mesma maneira que ele é naturalmente pobre no solo e essencial para as plantas, ele também é naturalmente pobre nas águas e essencial para as algas. Quando há aumento da concentração de P nas águas, ocorre rápido crescimento de algas nos sistemas aquáticos (afloramento de algas), fenômeno conhecido como eutrofização das águas, o que torna a água imprópria para seus principais usos. Dessa maneira, um dos principais impactos ambientais do uso de dejetos em doses inadequadas é a poluição com P. Por isso, muitos países limitam o uso de fertilizantes nos solos, baseando suas recomendações na quantidade de P que potencialmente pode ser liberada para os sistemas aquáticos.

Assim, em um sistema racional de uso de dejetos como fertilizantes, deve-se evitar a aplicação de doses excessivas de P por duas razões, ilustradas na Figura 1. Primeiro, porque doses elevadas de P, acima do teor crítico no solo para as plantas, não se traduzem em aumento no rendimento das culturas; e, segundo, porque doses excessivas de P acarretam em maior quantidade de P perdido para a água.

A Figura 1 conceitua então o que se chama de Limite Crítico Ambiental de P (LCA-P), que é o teor de P disponível no solo a partir do qual o risco ambiental aumenta muito, pois o nutriente começa a ser liberado para a água em maior intensidade. Nesse sentido, um grupo de pesquisadores da Udesc e colaboradores (Gatiboni et al., 2015a; Gatiboni et al., 2015b) constataram que o LCA-P para solos do estado de Santa Catarina era dependente do teor de argila (Figura 2), ou seja, solos mais arenosos são saturados mais rapidamente com P e começam a liberá-lo para a água em doses mais baixas, enquanto solos mais argilosos são mais resistentes, suportando doses maiores. Segundo os autores, o LCA-P é dependente do teor de argila e pode ser calculado pela Equação 3:

$$LCA-P = 40 + \%Arg \text{ (Equação 3)}$$

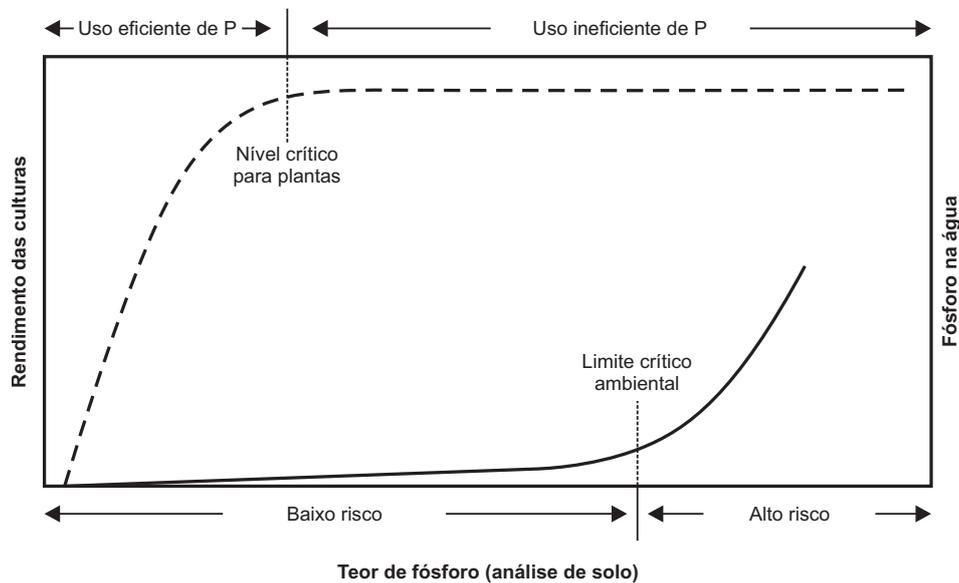
em que:

LCA-P = teor máximo de P, (em  $\text{mg dm}^{-3}$ ) no solo, medido por Mehlich<sup>-1</sup>

40 = constante adimensional

%Arg = teor de argila do solo, (em percentagem)

Assim, o risco ambiental de um solo que recebeu dejetos pode ser facilmente calculado por meio apenas de uma análise de solo. Se o teor de P disponível do solo for inferior ao valor calculado do LCA-P para aquele solo (Equação 3), há baixo risco de o solo ser fonte de poluição ambiental com P. Por sua vez, se o teor de P disponível for superior ao LCA-P calculado, o solo é fonte de poluição ambiental e a adição de P, de qualquer fonte (fertilizantes minerais ou orgânicos), deve ser restrita ou suspensa. Nesse sentido, a legislação que regulamenta o licenciamento ambiental da suinocultura em SC, Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA, 2014), estabeleceu classes de prevenção e intervenção quanto ao risco de poluição por P com base no LCA-P. Essas classes determinam que, quando os teores se encontram até 20% acima do LCA-P (classe prevenção), a adubação fosfatada deve se restringir a, no máximo, 50% da dose de manutenção para a cultura a ser adubada (Manual..., 2016). Para



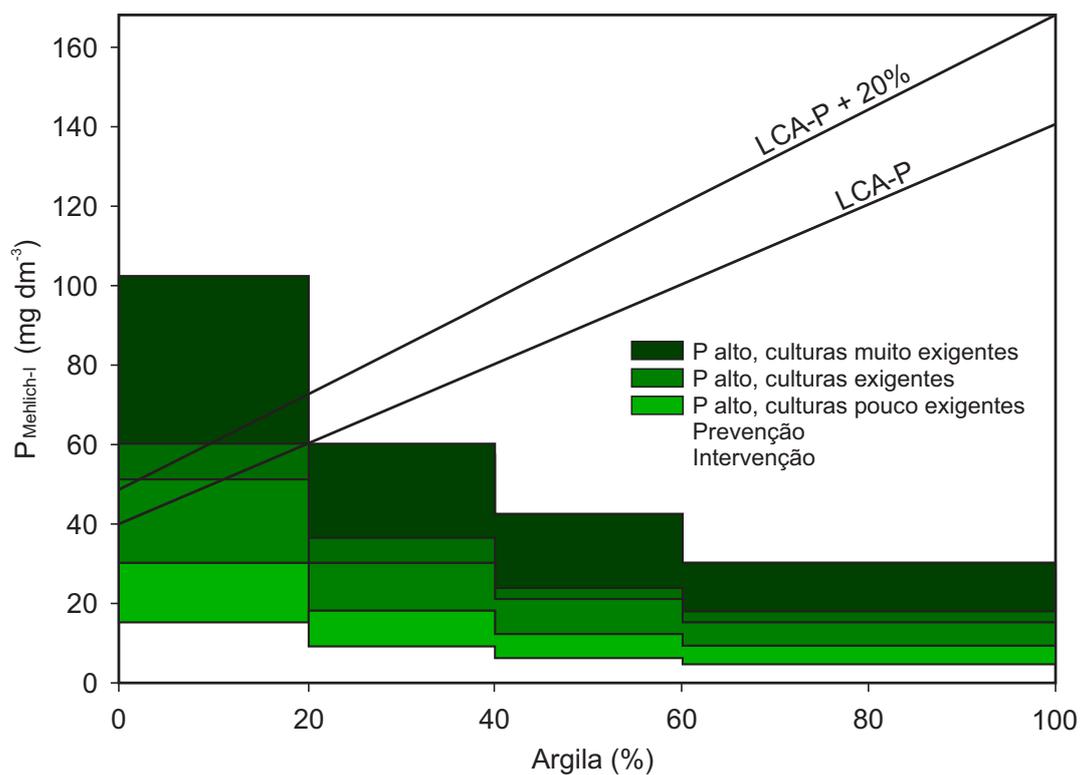
Fonte: Adaptado de Bai et al. (2013).

**Figura 1.** Representação esquemática do rendimento relativo das culturas e da quantidade de (P) na água em função do teor de P disponível no solo, destacando-se o nível crítico de P para as culturas e o limite crítico ambiental.

solos com teores de P enquadrados na classe de intervenção (mais de 20% acima do LCA-P), a adubação com dejetos ou fertilizantes contendo P é proibida. Em ambas as classes, o produtor deve empregar medidas mitigatórias a fim de reduzir o risco de perda de P do solo e implementar um plano de manejo de nutrientes que permita a redução dos teores de P até valores abaixo do LCA-P.

A análise da Figura 2 demonstra ainda que, em solos arenosos com menos de 20% de argila, a classe “Alta” de disponibilidade de P para as culturas agrícolas exigentes ou muito exigentes quanto ao P se sobrepõem às classes de prevenção e intervenção definidas com base no LCA-P. Dessa maneira, a produção desse tipo de culturas em solos arenosos implica na adoção obrigatória de um plano avançado de gestão de nutrientes e adubação, assim como no uso de medidas que mitiguem o risco de perdas de P do solo, tais como: emprego de sistema plantio direto e plantas de cobertura de solo, terraceamento e cultivo em nível, bem como outras práticas agropecuárias que reduzam o escoamento superficial e aumentem a infiltração e retenção de água no solo. Essas mesmas práticas também são recomendadas para melhorar a gestão de nutrientes em solos mais argilosos. No entanto, como esses solos apresentam maior capacidade de reter P com menores riscos de poluição, valores de P acima da classe Alta de disponibilidade podem ser tolerados desde que abaixo do LCA-P.

Além do P, problemas ambientais também ocorrem por causa do excesso de N (Escosteguy et al., 2016), o qual também causa eutrofização de água. No Brasil, porém, o uso de doses excessivas de N é menos comum do que em outros países. Também, segundo Escosteguy et al. (2016), o excesso de dejetos pode causar acúmulo de Cu e Zn no solo, como relatado por Tiecher et al. (2013), o que pode causar toxidez para as plantas. Por isso, o uso de dejetos como fontes de fertilizantes na agricultura deve ser feito seguindo critérios técnicos em relação à aplicação dos dejetos na época certa e na dose correta, evitando assim desperdícios que não trarão respostas econômicas pelas plantas e, principalmente, que podem impactar negativamente o ambiente.



Fonte: Gatiboni, et al. (2015b) e Manual ... (2016)

**Figura 2.** Relação entre teores de argila no solo e teores de P classificados como alto para culturas pouco exigentes, exigentes e muito exigentes de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS/SC) e com as classes de prevenção e intervenção segundo o limite crítico ambiental de P no solo (LCA-P).

### Considerações finais

Num cenário de agricultura moderna, em que se deve primar pela máxima eficiência de utilização dos insumos, não faz sentido tratar os dejetos animais como resíduos agropecuários, sendo mais racional considerá-los como subprodutos, os quais devem ser eficientemente reciclados dentro da cadeia produtiva. Assim, a reutilização racional dos dejetos para a fertilização do solo deve ser tratada como uma necessidade básica dentro dos sistemas de produção. Há muitas pesquisas realizadas no Brasil que comprovam a eficiência do uso dos dejetos como fertilizantes. Contudo, as aplicações de dejetos nos solos agrícolas devem ser feitas sob rigorosos preceitos técnicos, já que é muito comum ocorrerem aplicações excessivas, as quais acarretam em poluição ambiental.

Para monitorar áreas de aplicação de dejetos e coibir excessos, o estado de Santa Catarina dispõe de um sistema ainda incipiente de avaliação de risco ambiental do excesso de P aplicado via dejetos. Essa ferramenta traz avanços que visam classificar os solos pelo seu potencial de transferir P para os sistemas aquáticos, mas é um método que ainda precisa ser melhorado pela inclusão de outros fatores (além do teor de argila do solo) que afetam o risco de transferência de fósforo para o ambiente. Também, essa ferramenta ou outras similares necessitam ser estabelecidas e calibradas para o monitoramento de outros elementos químicos que possam impactar negativamente o ambiente quando da aplicação de dejetos de animais, como o N, Cu e Zn.



#### Material de apoio

**Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina**

## Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; PUJOL, S. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C. Aproveitamento dos dejetos de suínos e bovinos como fertilizantes: impactos ambientais e estratégias de mitigação. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Org.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, p. 199-234.
- ARRUDA, C. A. O.; ALVES, M. V.; MAFRA, A. L.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; SANTOS, J. C. P. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul./ago. 2010.
- BAI, Z.; LI, H.; YANG, X.; YANG, X. Y.; ZHOU, B. K.; SHI, X. J.; WANG, B. R.; The critical soil P levels for crop yield, soil fertility and environmental safety in different soil types. **Plant and Soil**, v. 372, n. 1-2, p. 27-37, 2013.
- BENEDET, L.; COMIN, J. J.; PESCADOR, R.; OLIVEIRA, P. A. V.; BELLI FILHO, P.; DE CONTI, L.; COUTO, R. R.; LOVATO, P. E.; CESCO, S.; MIMMO, T.; BRUNETTO, G. Physiological changes in maize grown in soil with copper and zinc accumulation resulting from the addition of pig slurry and deep litter over 10 years. **Water, Air and Soil Pollution**, n. 227, p. 1-15, Nov. 2016.
- BONA, F. D.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SOUSA, R. O.; SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C. Grãos. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. Cap. 6.1, p. 101-134.
- BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.; SCHMITT, D. E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; MORAES, M. P.; GATIBONI, L. C.; LOVATO, P. E.; CERETTA, C. A. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1620-1628, Oct./Nov. 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000500026.
- CASSOL, P. C.; COSTA, A. C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911-1923, 2012.

CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P.; ERNANI, P. R.; KLAUBERG FILHO, O.; LUCRÉCIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 2, p. 103-112, 2011.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; VEIGA, M.; GUARDINI, R.; SCHMITT, D. E.; OLIVEIRA, P. A. V.; BELLI FILHO, P.; COUTO, R. R.; BENEDET, L.; MULLER JUNIOR, V.; BRUNETTO, G. Physical properties and organic carbon content of a tipyc hapludult soil fertilized with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, n. 5, p. 459-470, Apr. 2013. DOI: 10.1071/SR13130.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; GATIBONI, L. C.; NICOLOSO, R. da S.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. da; BLEY, H. Calagem e adubação e a qualidade ambiental. In: **MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. p. 331-342.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS e SC (CQFS-RS/SC). **MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente (Santa Catarina). Instrução Normativa nº 11, outubro 2014. Definir a documentação necessária ao licenciamento e estabelecer critérios para apresentação dos planos, programas e projetos ambientais para implantação de atividades relacionadas à suinocultura de pequeno, médio e grande porte, incluindo tratamento de resíduos líquidos, tratamento e disposição de resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos e outros passivos ambientais. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

GATIBONI, L. C.; SILVA, L. S.; ANGHINONI, I. Diagnóstico da fertilidade do solo e recomendação da adubação. In: SILVA, L. S. da; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Frederico Westphalen: SBCS-NRS, 2016. p. 89-99.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. Soil phosphorus thresholds in evaluating risk of environmental transfer to surface waters in

Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1225-1234, 2015a.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. Limite crítico ambiental de fósforo para solos sul-brasileiros com adição de altas doses de nutrientes. In: NASCIMENTO, C. W. A.; SOUZA JUNIOR, V. S.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, E. R.; (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solos**. Viçosa: SBCS, 2015b. p. 144-171.

GROHSKOPF, M. A.; CASSOL, P. C.; CORREA, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; ERNANI, P. R.; MAFRA, M. S. H.; MAFRA, A. L. Soil Solution Nutrient Availability, Nutritional Status and Yield of Corn Grown in a Typic Hapludox under Twelve Years of Pig Slurry Fertilizations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-13, July 2016. DOI: 10.1590/18069657rbc20150341.

GROHSKOPF, M. A.; CASSOL, P. C.; CORREA, J. C.; MAFRA, M. S. H.; PANISSON, J. Organic nitrogen in a typic hapludox fertilized with pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 127-139, Jan./Feb. 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20150080.

GUARDINI, R.; COMIN, J. J.; SCHMITT, D. E.; TIECHER, T.; BENDER, M. A.; SANTOS, D. R.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; Gatiboni, L. C.; BRUNETTO, G. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 93, n. 2, p. 215-225, 2012a.

GUARDINI, R.; COMIN, J. J.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; TIECHER, T.; SCHMITT, D. E.; BENDER, M. A.; BELLI FILHO, P.; OLIVEIRA, P. A. V.; BRUNETTO, G. Phosphorus accumulation and pollution potential in a hapludult fertilized with pig manure. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1333-1342, July/Aug. 2012b. DOI: 10.1590/S0100-06832012000400027.

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; CORREA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos e cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p. 630-638, ago. 2014.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de usina de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 31-46, 2015.

MORALES, D.; VARGAS, M. M.; OLIVEIRA, M. P.; TAFFE, B. L.; COMIN, J. J.; SOARES, C. R.; LOVATO, P. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 260-266, Feb. 2016. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140565.

NICOLOSO, R. S.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A.; SPAGNOLLO, E.; CASSOL, P. C.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. Adubos e adubação orgânica. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Frederico Westphalen: NRS-SBCS, 2016. p. 317-328.

NICOLOSO, R. S.; OLIVEIRA, P. A. V. Modelo de gestão e de licenciamento ambiental para a suinocultura brasileira. In: PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. 1ed. São Carlos: Editora Cubo, 2016. p. 97-104.

OLIVI, M. C.; DIAS, R. S.; NICOLOSO, R. S. Análise técnica-econômica sobre o uso agronômico do biofertilizante dos dejetos de suínos na microbacia Santa Fé no município de Itapiranga-SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 29., 2015, Foz de Iguaçu. Desafios e oportunidades profissionais: anais. Curitiba: Confea-PR, 2015. 1 CD-ROM.

PANDOLFO, C. M.; CERETTA, C. A.; VEIGA, M.; MASSIGNAM, A. M. Análise técnica de fontes de nutrientes associadas com preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 759-768, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200030.

SACOMORI, W.; CASSO, P. C.; ERNANI, P. R.; MIQUELLUTI, D. J.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C. Concentração de nutrientes na solução do subsolo de lavoura fertilizada com dejetos suíno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, p. 245-258, 2016. DOI: 10.5965/223811711532016245

TIECHER, T.; CERETTA, C. A.; COMIN, J. J.; GIROTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M. P.; BENEDET, L.; FERREIRA, P. A. A.; LORENZI, C. R.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 812-824, May/June 2013. DOI: 10.1590/S0100-06832013000300028

# A ÁGUA: INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS DEJETOS

O aumento da degradação e da poluição nos recursos naturais tem levado o meio acadêmico a realizar estudos sobre as causas e efeitos da produção primária no meio ambiente (Oliveira, 2002). O elevado consumo de água, especialmente em regiões de produção pecuária intensiva, vem reduzindo a sua qualidade e disponibilidade, principalmente nas reservas naturais de água (fontes superficiais e subterrâneas) que suprem as necessidades primárias dos animais (Oliveira, 2002). A intensificação da produção suína tem conduzido, nos últimos anos, ao aumento do consumo de água. Isto associado aos constrangimentos ambientais implícitos pela redução drástica das reservas.

A água é, muitas vezes, negligenciada no planejamento do sistema de produção da atividade suinícola. No entanto, não deixa de ser um dos aspectos mais importantes da produção (Oliveira, 2004). Segundo alguns autores, o uso eficiente da água é obrigatório na suinocultura. Caso não seja gerido de forma correta, este recurso poderá se tornar um bem cada vez mais escasso, devido à diminuição da sua qualidade (Ferreira et al., 2007). Tal como afirmado anteriormente, a água consumida na produção suína tem origem em reservas naturais (fontes superficiais ou poços subterrâneos). A água proveniente dos rios não é aproveitada diretamente por ser de pior qualidade e apresentar riscos sanitários, sendo necessário seu tratamento para uso na dessedentação.

Dentre os principais fatores que interferem na qualidade dos dejetos e aumentam sua diluição, está o excesso de água provocado pelo manejo inadequado dos bebedouros, entrada de água da chuva nas calhas de dejetos, vazamentos na rede hidráulica e excesso de lavagens. Excesso de pressão e vazão são os vilões da gestão ambiental e frequentemente são flagradas granjas com valores bem acima do recomendado. Os tipos de bebedouros mais comuns em granjas de suínos são chupeta bite-ball, chupeta convencional, taça/concha vertical, taça/concha horizontal e calha/vaso comunicante, porém, desde que bem calibrados e instalados não comprometem a gestão ambiental.

A Tabela 1 mostra a vazão adequada para cada sistema de produção nas diferentes fases da criação.

**Tabela 1.** Recomendações de instalação do bebedouro tipo chupeta, especificamente, a capacidade de ingestão de água dos suínos, a vazão, o ângulo e a altura do equipamento segundo a fase fisiológica da cadeia de produção de suínos.

| Fase fisiológica                 | Peso (kg) | Ingestão (L.d <sup>-1</sup> ) | Bebedouro tipo chupeta  |                |                 |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
|                                  |           |                               | (L.min. <sup>-1</sup> ) | Altura (m,45°) | Altura (m, 90°) |
| Matriz em gestação               |           | Variável                      | 0,5-1,0                 | 0,90 (35°)     | 0,70 (30°)      |
| Matriz em lactação               |           | 12-20                         | 1,0-2,0                 | 0,90 (35°)     | 0,75 (30°)      |
| Leitões em lactação              |           | Variável                      | 0,5-0,7                 | 0,15 (6°)      | 0,10 (4°)       |
| Leitões em creche                | 5,0       | 1,0-2,0                       | 0,5-1,0                 | 0,30 (12°)     | 0,25 (10°)      |
|                                  | >7,0      | 1,5-2,5                       | 0,5-1,0                 | 0,35 (14°)     | 0,30 (12°)      |
| Suínos em crescimento-terminação | 15,0      | 2,5-3,0                       | 0,5-1,0                 | 0,45 (18°)     | 0,35 (14°)      |
|                                  | 20,0      | 3,0-4,0                       | 0,5-1,0                 | 0,50 (20°)     | 0,40 (16°)      |
|                                  | 25,0      | 3,0-4,0                       | 0,5-1,0                 | 0,55 (22°)     | 0,44 (18°)      |
|                                  | >50,0     | 5,0-7,0                       | 0,5-1,0                 | 0,65 (26°)     | 0,55 (22°)      |

Fonte: Adaptado de Patience e Engele (2014)

O bebedouro deve ser manejado de acordo com a suas características e com o crescimento do animal. Além disso, sugere-se que sejam seguidas as seguintes recomendações:

- a) se os bebedouros forem instalados inadequadamente (altura e ângulo), provavelmente os suínos vão ingerir menos água, já que terão dificuldades em acessar corretamente o bebedouro.
- b) Nas fases de creche e crescimento-terminação, os bebedouros tipo chupeta devem ser ajustados pelo menos uma vez por semana. O equipamento, quando fixo na parede, deve ser ajustável a uma altura de cinco centímetros acima da paleta do menor suíno presente na baia, em ângulo de 45°. Em caso de bebedouro pendular, a altura deve ser regulada pela boca do suíno, em ângulo reto (90°) para evitar problemas na rede hidráulica (quebra das tubulações).
- c) similarmente, em granjas cujo equipamento para a dessedentação dos suínos é o bebedouro tipo taça/concha, este deve ser instalado de modo que o seu bordo se encontre a 40% da altura do menor suíno.

Na suinocultura, a água é um recurso vital e essencial para a produção, devido à sua necessidade para a dessedentação dos suínos em todas as fases fisiológicas da cadeia de produção (Ferreira et al., 2007). A água também é um fator de termorregulação (neutralidade térmica), equilíbrio homeostático e excreção tanto de resíduos resultantes da digestão como de outras substâncias (por exemplo, elementos antinutricionais presentes na dieta). Como nutriente, a água também é imprescindível na produção de tecido muscular e sua qualidade é fundamental para que os animais possam expressar seu potencial genético.

No entanto, o padrão de consumo pode variar de produtor para produtor. Conforme os diferentes tipos de equipamentos utilizados, o consumo pode se apresentar como uma tarefa difícil de ser determinada. Além do volume ingerido pelos animais, outros usos devem ser considerados e mensurados, como, por exemplo, outros equipamentos utilizados, água dos balneários e sanitários (Oliveira, 2002; Ferreira et al., 2007).

A Tabela 2 apresenta os valores de referência da IN-11 do Instituto do Meio Ambiente (IMA/FATMA) para o consumo de água dos suínos de acordo com a fase produtiva. Esses valores podem ser utilizados como uma ferramenta para avaliar o consumo de água na granja, possibilitando a implementação de um programa de gestão da água.

**Tabela 2.** Valores de referência em consumo de água de acordo com o sistema de criação.

| Indicação da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma) |                   |                                |
|--|-------------------|--------------------------------|
| Modelo de Sistema de Produção de Suínos                          | Massa suínos (kg) | Consumo de água (l/animal/dia) |
| Ciclo completo (CC)  | --                | 72,9                           |
| Unidade de produção de leitões (UPL)                             | --                | 35,3                           |
| Unidade de produção de desmamados (UPD)                          | --                | 27,8                           |
| Crechários (CR)  | 6-28              | 2,5                            |
| Unidade de terminação (UT)                                       | 23-120            | 8,3                            |

Fonte: Fatma, 2014

Diminuir o desperdício de água e fazer com que o consumo fique dentro dos parâmetros indicados depende, às vezes, de ações simples. Confira algumas dicas:

- Instale bebedouros adequados à fase fisiológica de produção;
- Controle pressão e vazão de água no sistema hidráulico e na saída dos bebedouros;
- Faça manutenção constante da rede e do sistema hidráulico;
- Faça limpeza a seco (raspagem diária) durante o ciclo de produção, com uma única lavagem úmida após a saída dos suínos;
- Faça a limpeza úmida com equipamentos de alta pressão e baixa vazão.
- Recomenda-se manter a temperatura da água entre 18 e 22°C.

### Manejo de água e produção de dejetos

A água tem relação direta com a quantidade de dejetos gerada durante a produção de suínos. Assim, não é exagero nenhum afirmar que “o melhor programa de gestão de dejetos começa no uso eficiente da água”.

O manejo diário da granja, que tem na constante limpeza úmida um dos seus pilares, resulta na geração de elevados volumes de dejetos que, se não forem corretamente manejados, podem causar problemas ambientais e econômicos.

A Tabela 3 apresenta os valores de referência da IN-11 do Instituto do Meio Ambiente (IMA/FATMA) para a produção de dejetos suínos de acordo com a fase produtiva. Esses valores podem ser utilizados como uma ferramenta para o planejamento e definição do sistema de manejo e gestão de dejetos.

**Tabela 3.** Volume de dejetos produzidos por animal por dia em diferentes sistemas de produção.

| Indicação da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma) |                   |                                  |
|--|-------------------|----------------------------------|
| Modelo de Sistema de Produção de Suínos                          | Massa suínos (kg) | Volume de dejetos (l/animal/dia) |
| Ciclo completo (CC)  | --                | 47,1                             |
| Unidade de produção de leitões (UPL)                             | --                | 22,8                             |
| Unidade de produção de desmamados (UPD)                          | --                | 16,2                             |
| Crechários (CR)  | 6-28              | 2,3                              |
| Unidade de terminação (UT)                                       | 23-120            | 4,5                              |

Fonte: Fatma, 2014



### Material de apoio

#### **Gestão da água na suinocultura**

Embrapa Suínos e Aves



### Material de apoio

#### **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**

Embrapa Suínos e Aves

## Referências

BELLAVER, C.; OLIVEIRA, P. A. V. de Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. *Avicultura Industrial*, Itu, ed. 1183, n. 101, p. 39-44, 2009.

FERREIRA, L.; DUARTE, E.; TAVARES, J.; FITAS DA CRUZ, V. A importância da gestão integrada da água: novos desafios para a gestão ambiental no sector suinícola. In: CONGRESSO NACIONAL, 1.; CONGRESSO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA, 4., Albacete, 2007. Libro de Actas... Albacete, 2007. p. 104-106.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Uso racional da água na suinocultura. In: EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamentos 2002 - Santa Catarina. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 63-71.

OLIVEIRA, P. A. V. de. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/doc\\_pnma.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc_pnma.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2018.

PATIENCE, J. F.; ENGELE, K. A Checklist for water use. In: 2014 Newsletter. Report. Saskatoon: Prairie Swine Centre, 2014. 2 p.

SOUZA, J. C. P. V. B.; OLIVEIRA, P. A. V. de; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; ZANUZZI, C. M. das S.; TREMEA, S. L.; PEIKAS, F.; SQUEZZATO, N. C.; ZIMMERMANN, L. A.; SANTOS, M. A.; AMARAL, N. do. Gestão da água na suinocultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 32 p. 1 cartilha. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Curso+Suinocultura+-+Gest%C3%A3o+da+%C3%81gua+na+Suinocultura.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

## FERTILIZANTES ORGÂNICOS E ORGANOMINERAIS COM DEJETOS DE SUÍNOS

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas, estando entre os poucos que apresentam potencial de crescimento, com competitividade e sustentabilidade, atendendo as perspectivas conceituais de “ciclo de vida sustentável”. O uso de fertilizantes no Brasil cresceu exponencialmente nos últimos 20 anos, posicionando o país como quarto maior consumidor mundial. Do total utilizado, cerca de 70% é importado, o que nos coloca em situação frágil de dependência estrangeira.

O alto uso de fertilizantes é devido ao fato de que os solos nas regiões produtoras de alimentos, fibras e energia são naturalmente deficientes em nutrientes, necessitando quantidades consideráveis para manutenção ou aumento da produtividade, o que contribui para elevar o uso desse produto.

Por outro lado, o Brasil se posiciona entre os maiores produtores mundiais de suínos, cadeia que gera alta quantidade de resíduos. A destinação desses resíduos como fontes minerais de nutrientes para produção de fertilizantes orgânicos em sistemas conservacionistas e de alto rendimento ampliará a rota alternativa para o desenvolvimento do setor agropecuário e econômico local.

Para alcançar a potencialidade e aplicabilidade do uso desses fertilizantes, é necessário conhecer sua composição físico-química, tendo como critério a necessidade nutricional da cultura para a produtividade almejada e os sistemas de produção agrícolas conservacionistas. A partir desse conhecimento, é possível inferir valores com preços baseados nos fertilizantes minerais, buscando-se o melhor retorno econômico ao produtor.

No sistema agropecuário com suinocultura, a principal estratégia de ação ambiental está focada no reaproveitamento dos resíduos (dejetos) em áreas agrícolas, buscando reduzir os impactos ambientais de forma eficiente e agregar valor. A produção de fertilizantes orgânicos e organominerais, a partir desses, busca aumentar a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas, agregar valor ao fertilizante e viabilizar seu uso em escala industrial. Além disso, é considerada uma estratégia de reciclagem de resíduos agrícolas no estado de Santa Catarina, adequando as características dos mesmos, à legislação de fertilizantes do Mapa.

Porém, para essa prática, é imprescindível que sejam respeitados os critérios agrônômicos das boas práticas de recomendação de adubação. Neste contexto, discutiremos sua produção e uso, abordando o desempenho e contribuição nos déficits, em macronutrientes, de 860 mil toneladas para o nitrogênio, 515 mil para fósforo (P) e 324 mil para potássio em nosso país.

## Produção de fertilizantes orgânicos e organominerais

A produção industrial de fertilizantes orgânicos e organominerais é tecnicamente viável. Todavia, sua viabilidade econômica depende de uma série de fatores regionais, como a oferta de resíduos, custos com logística, demanda por fertilizantes, entre outros. A agregação de valor aos fertilizantes organominerais com maior ou igual eficiência em relação aos fertilizantes minerais pode impulsionar a adoção dessa tecnologia, trazendo impactos ambientais, econômicos e sociais positivos.

A totalidade dos fertilizantes orgânicos de suínos é utilizada na forma fluida, que em muitos casos dificulta seu transporte, armazenamento e aplicação, sendo que nos últimos anos é contemplada a injeção no solo. Além da vantagem econômica, a técnica de enriquecimento e granulação de outros resíduos orgânicos além do dejetos, transformando-os em fertilizantes organominerais, facilita o transporte e distribuição, evitando o acúmulo desordenado de nutrientes na bacia hidrográfica onde está concentrada a atividade suinícola ou avícola.

Recentemente, a Embrapa lançou a tecnologia de produção de fertilizantes organominerais granulados formulados a partir de dejetos de suínos na forma fluida, bem como compostos a partir de dejetos de suínos como forma de aproveitamento e uso de resíduos, podendo o mesmo constituir fertilizante organomineral quando enriquecido. Essa tecnologia na forma sólida envolve processos industriais de mistura de resíduos com fertilizantes minerais e posterior granulação. Já a forma fluida poderá ser utilizada no tanque de aplicação ou sistemas de irrigação.

O processo de produção de fertilizantes organominerais na forma fluida fora descrito na tese de Agostinho Rebellatto e publicado na Pesquisa Agropecuária Brasileira v.53, n.5, p. 633-640, 2018. Essa tecnologia é proveniente das empresas que produzem fertilizantes fluidos, porém com água. Aqui, além de reutilizar os dejetos de suínos, buscou-se elevar ainda mais a eficiência de utilização de nutrientes por conter carbono

entre outros compostos que podem permitir solubilidade mais lenta desses no solo. Os dados de eficiência podem ser demonstrados nos resultados de produção de milho e seu efeito residual na produção de aveia preta, caracterizado como OF (organomineral fluido) na tabela abaixo.

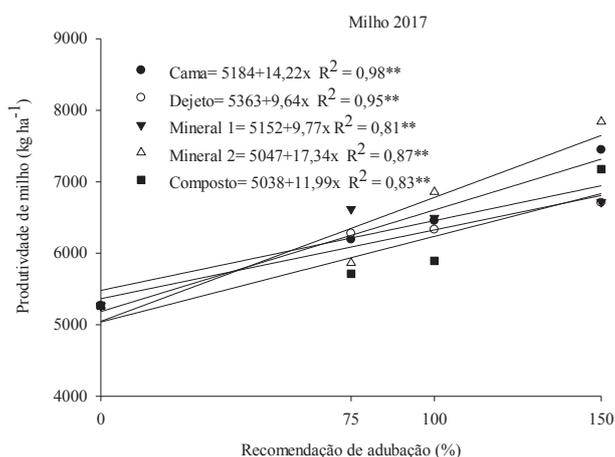
**Tabela 1.** Produtividade de grãos de milho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das safras 2010/11 e 2011/12 e biomassa seca de parte aérea de aveia preta ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em 2011 e 2012 em resposta ao uso de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas em Nitossolo Vermelho Distroférico e Cambissolo Háplico Tb Distroférico léptico.

| Solos              | Tratamentos |          |          |          |         |
|--------------------|-------------|----------|----------|----------|---------|
|                    | Controle    | MS       | OS       | MF       | OF      |
| <b>Milho</b>       |             |          |          |          |         |
| Safrá 2011         |             |          |          |          |         |
| Cambissolo         | 10700 b     | 14339 a  | 12991 ab | 14393 a  | 13645 a |
| Nitossolo          | 10528       | 12298    | 12479    | 11779    | 12297   |
| Safrá 2012         |             |          |          |          |         |
| Cambissolo         | 10019 b     | 13108 a  | 11014 Bb | 10518 Bb | 13955 a |
| Nitossolo          | 10562 b     | 13000 a  | 13134 Aa | 12861 Aa | 13467 a |
| <b>Aveia Preta</b> |             |          |          |          |         |
| Biomassa seca 2011 |             |          |          |          |         |
| Cambissolo         | 2415 Bc     | 3157 Bbc | 3152 Bbc | 4084 Bab | 4719 Ba |
| Nitossolo          | 3694 Ac     | 4991 Ab  | 5055 Ab  | 6604 Ab  | 6493 Aa |
| Biomassa seca 2012 |             |          |          |          |         |
| Cambissolo         | 5557 b      | 6007 b   | 5473 b   | 5724 b   | 7120 a  |
| Nitossolo          | 4869 b      | 5668 b   | 5566 b   | 5820 b   | 6851 a  |

Fonte: Letras maiúsculas representam a diferença entre solos e minúsculas entre tratamentos pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). As siglas representam os tratamentos, sendo: MS= Mineral sólido, OS= Organomineral sólido, MF= Mineral fluido, OF= Organomineral fluido.

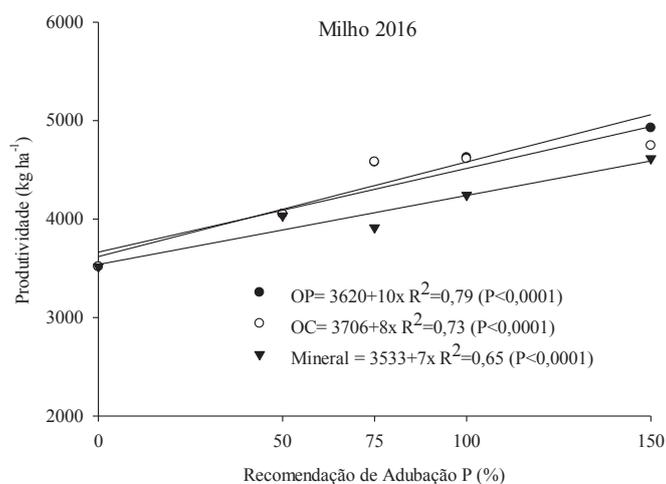
O processo de produção de composto utilizando dejetos de suínos em leito de maravalha ou serragem está descrito na série Documentos Embrapa número 114 de 2006. Esse processo vem sendo melhorado com adição de condicionadores para reter o nitrogênio e emitir menos gases de efeito estufa como demonstrado na série Comunicado Técnico número 522 de 2015. Resultados demonstrando a eficiência do composto a campo em sistema de plantio direto podem ser observados na Figura 1, abaixo, com aplicação

de doses de composto iguais ou superiores a 100% da recomendação de nitrogênio para essa cultura.



**Figura 1.** Produção de milho em razão da aplicação de composto de dejetos de suínos em leito de maravalha.

Fertilizantes organominerais na forma sólida a partir do composto de dejetos de suínos ou do resíduo sólido antes da biodigestão foram desenvolvidos na rede BiogásFert, utilizando o mesmo processo de cama de aves descrito nos anais no 16o Congresso Mundial de Fertilizantes de 2014. A eficiência desta tecnologia pode ser observada na Figura 2, com aplicação de doses de composto iguais ou superiores a 100% da recomendação de nitrogênio para essa cultura.



**Figura 2.** Produção de milho em razão da aplicação de fertilizantes organominerais a partir de composto ou resíduo de peneira com dejetos de suínos.

## Breve histórico da importância dos fertilizantes orgânicos e organominerais em sistemas conservacionistas do solo

O uso de fertilizantes orgânicos e organominerais devem ser recomendados para adubação, onde há contribuições quanto à eficiência e demanda dos nutrientes, principalmente em culturas com alto rendimento, conforme critérios técnicos de recomendação discutido nos tópicos anteriores.

Para aumentar a produtividade das culturas, é necessário atender a elevada necessidade nutricional imposta pela alta exportação, visando também manter ou construir a fertilidade do solo (Resende et al., 2012). Para isso, é necessário o uso de práticas agrícolas com tecnologias capazes de garantir a eficiência do aproveitamento de nutrientes às plantas (Fancelli et al., 2010), e obter os benefícios esperados nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Mafra et al., 2014; Grave et al., 2015).

A estratégia do uso dos fertilizantes orgânicos e organominerais em sistemas conservacionistas como, por exemplo, na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLRF), pode ser determinante para produção de alimentos, considerando a utilização de recursos naturais, financeiros, insumos e mão de obra, além de ambiental, com incremento na produtividade e melhoria na qualidade dos solos.

Quando o sistema conservacionista for consolidado e com fertilidade construída, poderão ser adotadas as boas práticas de adubação, que permitem disponibilizar o teor de fósforo que a planta necessita para obtenção da expectativa de produtividade, justificado em razão da maior eficiência quanto ao aproveitamento dos nutrientes nessa situação.

Práticas adequadas de manejo nos sistemas conservacionistas, com espécies que tenham alta produção de biomassa, permitem a manutenção ou mesmo o acúmulo de C-org no sistema solo-planta e aumentam a fertilidade do solo (Carvalho et al., 2010). A utilização correta dos fertilizantes orgânicos nesses sistemas potencializa os benefícios já existentes neles, promove sua sustentabilidade e não deve ser encarado unicamente pelo potencial poluidor do ambiente (Lourenzi et al., 2013).

O uso desses fertilizantes pode apresentar efeitos diferenciados quanto à disponibilidade de nutrientes às plantas, quando comparados com os fertilizantes minerais (Scherer; Nesi, 2009; Scherer et al., 2010). O seu uso em sistemas de manejo com integração

pode afetar a dinâmica do carbono e fósforo no solo, aumentando a produtividade das culturas.

Os fertilizantes orgânicos aumentam os teores de matéria orgânica (MO) elevando a capacidade produtiva do solo. Além disso, são mais eficientes para aumentar os teores de carbono orgânico total (COT) do que o fertilizante mineral (Yang et al., 2005). Por esta razão, é importante a adoção de práticas que mantenham teores adequados de COT, assegurando a qualidade química, física e biológica do solo.

A adubação com fertilizante de suínos influencia a disponibilidade de fósforo nas plantas, estando este aspecto químico associado a compostos presentes como ácido húmico, ácido fúlvico e ácidos graxos, os quais podem interferir no suprimento de nutrientes, disponibilizando-os de forma gradativa às plantas, evitando, principalmente, a fixação do P aos sesquióxidos de Fe e Al do solo (Mafra et al., 2014).

Os sistemas de produção integrados, como iLPF, possibilitam a inclusão de novas espécies forrageiras adaptadas aos sistemas de cultivo consorciados com outras culturas e permitem a maximização do potencial sinérgico entre os componentes do sistema, que passa impreterivelmente pela rotação de culturas. Resultados do nosso trabalho podem ser verificados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Produtividades de milho e soja em razão da adubação com fertilizantes orgânicos ou mineral em sistemas de produção iLPF e PD.

|                                    | Controle | Cama    | Dejeto   | Mineral | Média  |
|------------------------------------|----------|---------|----------|---------|--------|
| <b>Produtividade de Milho 2016</b> |          |         |          |         |        |
| iLPF                               | 2801 c   | 5444 a  | 5593 a   | 4579 b  | 4604 B |
| PD                                 | 4812 b   | 6450 a  | 6519 a   | 5289 b  | 5768 A |
| Média                              | 3807 c   | 5947 a  | 6056 a   | 4934 b  |        |
| <b>Produtividade de Soja 2017</b>  |          |         |          |         |        |
| iLPF                               | 3582     | 3751 B  | 3254 B   | 3859    | 3612 B |
| PD                                 | 3662 b   | 4793 Aa | 3965 Aab | 3750 b  | 4042 A |
| Média                              | 3622 b   | 4272 a  | 3608 b   | 3805 ab |        |

Boas práticas agrícolas que privilegiem a presença de carbono orgânico no solo (COS) são necessárias à construção da fertilidade, principalmente em sistemas de alto

potencial produtivo, para um ótimo desempenho das culturas. E entre essas boas práticas, cita-se o uso de fertilizantes orgânicos que, quando associado a sistemas de produção integrados, elevam ainda mais o sequestro do carbono no solo.

Com o aumento de COS, busca-se elevar a fertilidade a patamares de classe de disponibilidade alta ou muito alta para obtenção de elevadas taxas de aproveitamento dos nutrientes, com índices de eficiência de uso de fertilizantes superiores aos convencionados na literatura clássica.

Com a adoção desse sistema, há intensificação sustentável no uso do solo, com a premissa de buscar sinergia entre os componentes do agroecossistema, tendo como resultado final o aporte de COS, principalmente nas áreas com baixa ou média fertilidade natural. O cálculo do balanço COS no sistema de produção evidencia uma alternativa para melhor equilíbrio na adubação, pode propiciar impactos positivos em relação ao aproveitamento de recursos naturais, eficiência de uso de fertilizantes, produtividade e lucratividade ao produtor, além de menores riscos ao ambiente.

A construção da fertilidade do solo e intensificação da adoção dos sistemas de produção como iLPF pode se mostrar extremamente viável do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental e aplicável em todas as regiões do Brasil e propriedades com diferentes níveis tecnológicos. Tanto o iLPF quanto o Plantio Direto (PD), associado a fertilizantes orgânicos, buscam constituir ambientes ideais para fertilidade do solo e atingir novos tetos produtivos, sendo necessário ajustes no dimensionamento das adubações visando compatibilizar às exigências nutricionais para altas produtividades.

Além da diversificação de produtos para comercialização, cabe ressaltar as elevadas taxas de produtividade apresentadas pela pecuária no sistema iLPF, em consequência da maior resiliência das pastagens aos períodos com déficit hídrico e pelas altas produtividades das forrageiras utilizadas em solos com elevados níveis de fertilidade.

## **Considerações finais**

A Embrapa tem investido em tecnologias que utilizam resíduos da produção de suínos como matérias-primas para fabricação de fertilizantes orgânicos e organominerais, obtendo resultados significativos em relação ao aumento da eficiência de nutrientes para elevar a produção das culturas.

Os resultados obtidos, embora capazes de ter aplicabilidade local conforme as características próprias da região, poderão servir como base a projetos para implantação em outras localidades do território nacional.

Os projetos desenvolvidos envolveram grande número de pesquisadores doutores de áreas multidisciplinares, e se mantém uma rede interdisciplinar e comprometida que trabalha para novos projetos na área.

Há necessidade de novos trabalhos de pesquisa para recomendação de adubação e produção de novos fertilizantes orgânicos e organominerais, principalmente a fim de adequar as doses, visando maximizar o efeito fertilizante às culturas e diminuir o potencial poluente dos resíduos orgânicos.



#### **Material de apoio**

### **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**

Embrapa Suínos e Aves



#### **Material de apoio**

### **Uso de condicionadores para redução das perdas de nitrogênio durante compostagem de dejetos de suínos**

Embrapa Suínos e Aves



#### **Material de apoio**

### **Fertilidade do solo e produtividade agrícola com aplicação de fertilizantes organominerais ou minerais nas formas sólidas e fluidas**

Pesquisa Agropecuária Brasileira

## Referências

CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E. D. de; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S. da; CONTE, O.; WESP, C. de L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C.. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 88, n. 2, p. 259–273 , 2010. DOI: 10.1007/s10705-010-9360-x.

GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. da S.; CASSOL, P. C.; AITA, C.; CORREA, J. C.; DALLA COSTA, M.; FRITZ, D. D. Short-term carbon dioxide emission under contrasting soil disturbance levels and organic amendments. *Soil & Tillage Research*, v. 146, p.184-192, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.still.2014.10.010.

HENTZ, P.; CORREA, J. C.; FONTANELI, R. S.; REBELATTO, A.; NICOLOSO, R. da S.; SEMMELMANN, C. E. N. Poultry litter and pig slurry applications in an integrated crop-livestock system. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, Viçosa, MG, v. 40, p. 1–12 , 2016.

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; CORREA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos e cultivado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 49, n. 8, p. 630–638 , 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000800007.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 3, p. 715–721 , 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000300019.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas Agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1375–1383 , 2010.

YANG, Q. M.; BAIDOO, S.; ZHU, J.; HE, G. Phosphorus transformation in pig slurry due to diet and intermittent aeration treatments. *Biosystems Engineering*, v. 89, n. 3, p. 355–362 , Oct. 2004. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2004.07.010.

FANCELLI, A. L. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho. *Informações Agrônomicas*. IPNI, Piracicaba, n. 131, 16

p., set. 2010. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/\\$FILE/Page1-16-131.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/$FILE/Page1-16-131.pdf). Acesso em: 13 jun. 2019.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M. C.; SANTOS, F. C.; LACERDA, J. J. J. Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central. Sete Lagoas: Embrapa, 2012. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 181).

LOURENZI, C. R.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; GIROTTI, E.; TIECHER, T. A.; VIEIRA, R. C. B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. A. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 949–958, 2014.

***Embrapa***