



IMPACTO DA APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NA QUALIDADE DE SOLOS DO OESTE CATARINENSE

DOI: 10.19177/rgsa.v8e12019540-562

**Marcia Matsuoka¹; Charline Caron²
Joilmaro Rodrigo Pereira Rosa³
Juliana Barden Schalleberger⁴
Claudia Nogueira Gomes⁵; Clóvis Orlando da Ros⁶**

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade do solo de propriedades rurais da região oeste de Santa Catarina. Em quatro propriedades rurais do município de Palmitos/SC foram coletadas amostras de dejetos líquidos de suínos e de solo das áreas de mata nativa, pastagem e cultivo agrícola, com e sem aplicação de dejetos líquidos de suínos. Foram analisadas as características físico-químicas do dejetos e os volumes de dejetos aplicados. No solo foram analisadas as características físicas: umidade, densidade, porosidade, macro e microporosidade, e as características químicas: macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), Zn, Cu, Na e Al e carbono orgânico total do solo. As características microbiológicas do solo foram avaliadas através da biomassa microbiana, respiração basal e mineralização de nitrogênio. De uma forma geral, a aplicação de dejetos líquidos de suínos não interferiu nas características físicas do solo e promoveu um aumento nos teores de Zn e Na. As características microbiológicas foram influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos e pelo uso do solo, demonstrando que são boas indicadoras da qualidade do solo.

Palavras chave: Indicadores de qualidade do solo. Resíduos agrícolas. Poluição do solo.

¹ Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT (1996); Mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (2001); Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2006); E-mail: marciamatsuoka@yahoo.com.br

² Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (2016). E-mail: charly_michy@hotmail.com

³ Professor Associado na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT (1996). Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (2002); Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2006); E-mail: joilmaro@yahoo.com.br

⁴ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. E-mail: juli-sch@hotmail.com

⁵ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. E-mail: gomes.nogueira@outlook.com

⁶ Professor Associado da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1990); Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (1992); Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria (2004); E-mail: clovisdaros@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é um setor de destaque no agronegócio brasileiro, principalmente nos estados da região Sul do país, tendo um papel importante na criação de empregos em toda a cadeia produtiva e na fixação do homem no campo (VIVAN et al., 2010).

De acordo com Crispim et al. (2010), a suinocultura possui grande potencial poluidor quando os resíduos gerados são dispostos inadequadamente, configurando-se como uma fonte de degradação ambiental.

Os dejetos suínos quando aplicados no solo fornecem matéria orgânica e propiciam o desenvolvimento da flora microbiana (QUADRO et al., 2011), a qual é responsável por importantes processos fundamentais dos ecossistemas agrícolas, como a decomposição e gênese da matéria orgânica, a mineralização de nutrientes, o aumento da porosidade e o controle biológico (SILVA, 2015). Além disso, o dejetos promove a proteção dos microrganismos pois favorece a manutenção da umidade do solo (KRAJESKI; POVALUK, 2014).

O dejetos é aplicado no solo como fertilizante em áreas cultivadas com culturas de grãos, bem como em áreas com pastagem. Dessa forma, é possível reutilizar os nutrientes contidos no dejetos, promovendo uma ciclagem de nutrientes (BASSO et al., 2012). No entanto, a presença de nutrientes em altas concentrações pode interferir negativamente na qualidade do solo e da água, através do escoamento superficial ou por percolação no perfil do solo (BASSO et al., 2012; DORTZBACH et al., 2008).

A utilização inadequada do dejetos suíno como adubo também pode promover um acúmulo de P, N e metais pesados no solo, e a contaminação por patógenos. Em função disso, a lavoura é impactada negativamente e gera riscos para a saúde humana e animal (BASSO et al., 2012).

Por esses motivos, os dejetos podem ser considerados como um problema ambiental e portanto devem ser armazenados, tratados e descartados

adequadamente, gerenciando o resíduo de maneira sustentável (FERNANDES et al., 2011).

Neste sentido, o conhecimento dos efeitos da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade do solo é de extrema importância para se entender o seu comportamento no ambiente e para estimular os estudos e as discussões sobre a utilização de resíduos orgânicos nas propriedades rurais. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade do solo de propriedades rurais do oeste de Santa Catarina.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DOS TRATAMENTOS AVALIADOS

O estudo foi realizado em áreas rurais no município de Palmitos, oeste de Santa Catarina. As amostras de solos foram coletadas em quatro propriedades rurais que possuem um histórico de 3 a 7 anos de aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo. Também foram coletadas amostras de dejetos líquidos de suínos diretamente das esterqueiras.

Os dejetos líquidos de ambas as propriedades passaram por tratamento primário através do armazenamento em esterqueiras. Os solos dessas propriedades são classificados como Nitossolo Vermelho (POTTER et al., 2004).

As coletas de solo foram realizadas em áreas de pastagem e lavouras onde o dejetos líquidos de suínos é utilizado anualmente como fonte de nutrientes para as culturas de inverno e verão. Para utilização como testemunhas foram coletadas amostras na área com cultivo agrícola que nunca recebeu aplicação desse resíduo e nas áreas nativas (mata nativa e pastagem natural).

Os tratamentos foram constituído como descrito a seguir: **SAP** Área com pastagem nativa sem aplicação de dejetos líquidos de suínos; **SAC** Área com cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) sem aplicação de dejetos líquidos de suínos; **MN** Mata nativa; **P1** Área de pastagem com grama estrela africana (*Cynodon plectostachyus*) com histórico de aplicação de dejetos líquidos de suínos por 7 anos; **P2** Área de pastagem com capim pioneiro (*Pennisetum purpureum*) com histórico de aplicação de

dejeito líquido de suínos por 4 anos; **P3** Área de pastagem com tifton (*Cynodon* spp.) com histórico de aplicação de dejeito líquido de suínos por 4 anos; **CA1** Área com cultivo de fumo (*Nicotiana tabacum*) com histórico de aplicação de dejeito líquido de suínos por 3 anos; **CA2** Área com cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) com histórico de aplicação de dejeito líquido de suínos por 4 anos; **CA3** Área com cultivo de sorgo (*Sorghum* spp) com histórico de aplicação de dejeito líquido de suínos por 4 anos.

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

As características físico-químicas determinadas nas amostras de dejeito foram o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, densidade, além dos teores de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) e de Fósforo (P) Total. O volume de dejeito aplicado em cada propriedade rural também foi calculado.

A temperatura e o pH do dejeito foram determinados com pHmetro de bancada para soluções aquosas (modelo Mpa 210). A densidade do dejeito foi obtida utilizando um densímetro de massa específica. A densidade foi aumentada em uma unidade para cada elevação de três graus Celsius de temperatura acima de 21,5°C, conforme Selbach e Sá (2004).

O NTK corresponde à fração de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. A determinação do NTK foi realizada segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995) através da digestão das amostras e posterior destilação e titulação com H₂SO₄ 0,025 M.

O P total foi estimado pelo método colorimétrico do ácido vanadomolibdato fosfórico, descrito por APHA (1995). Os teores de P Total foram convertidos em teores de fosfato (P₂O₅), a fim de tonar possível a comparação com os dados presentes nas bibliografias.

2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

Para as análises químicas foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0-10 cm do solo em quatro pontos distintos de cada área de coleta, utilizando uma pá reta. As coletas foram realizadas 25 dias após a aplicação do dejeito líquido de suínos no solo.

Os parâmetros químicos analisados foram: pH em água, teores de Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al), e calculado o valor da saturação por bases (V%), Nitrogênio Mineral (N), Carbono Orgânico Total (COT) e os teores de Cobre (Cu) e Zinco (Zn).

A determinação do P foi realizada através da extração com solução de Mehlich-1 e quantificação por espectrofotometria. O K foi extraído com KCl e quantificado com fotometria de chama. As concentrações de Ca, Mg, Cu e Zn disponíveis foram obtidas com a espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009).

Os teores de nitrogênio mineral (N) do solo foram estimados através da extração de NH_4^+ (amônio) e de NO_3^- (nitrato) + NO_2^- (nitrito), de acordo com a metodologia descrita por Canali e Benedetti (2006). Para a determinação do N mineral total foi utilizada a metodologia de destilação a vapor de Tedesco et al. (1995).

O carbono orgânico total (COT) foi extraído a partir da digestão com dicromato de potássio e ácido sulfúrico, e quantificado por meio de titulação com sulfato ferroso amoniacal (YEOMANS E BREMNER, 1988).

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO



Foram determinadas as seguintes características físicas do solo: umidade gravimétrica (Ug), densidade aparente do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), porosidade total do solo (Pt), macro (Mac) e microporosidade do solo (Mic).

Para as coletas de solo com estrutura indeformada utilizou-se um anel de aço (Kopecky) com bordas cortantes de peso e volume interno conhecido, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997).

A umidade gravimétrica foi obtida através da pesagem dos anéis contendo as amostras de solo úmido, sendo posteriormente acondicionado em estufa a 105 °C até atingir peso constante para determinar os respectivos valores do solo seco. A densidade aparente (Ds) do solo foi calculada pela relação entre o peso da amostra seca a 105 °C e o volume do anel.

A porosidade total do solo é o volume de todos os poros ocupados por água e/ou ar, representada pela soma da macroporosidade e microporosidade. Para a sua determinação, as amostras foram saturadas por meio da elevação gradual da lâmina

de água em uma bandeja até atingir cerca de dois terços da altura do anel volumétrico, adquirindo os valores de percentagem de saturação em volume (EMBRAPA, 1997).

A microporosidade foi obtida pelo método da mesa de tensão, no qual as amostras saturadas são colocadas por 48 horas sob uma tensão de 60 cm de coluna d'água, para que ocorra a retirada da água dos poros. A macroporosidade do solo é o volume ocupado pelos poros com diâmetro $\geq 0,05$ mm, sendo calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EMBRAPA, 1997).

2.5 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DO SOLO

As características analisadas foram a respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) e mineralização de nitrogênio (MN). As análises foram realizadas em triplicata com quatro repetições em cada área de coleta.

A respiração basal do solo foi determinada por meio da incubação das amostras de solo durante 11 dias em uma temperatura entre 25 a 28 °C, segundo a metodologia de Silva, Azevedo e De-Polli (2007). A metodologia empregada para quantificar o carbono da biomassa microbiana foi a respiração induzida por substrato (glicose), conforme Höper (2006).

A mineralização de nitrogênio foi obtida através do método anaeróbio de Canali e Benedetti (2006). A taxa de mineralização foi determinada pela subtração da concentração final de N-NH₄ do solo da concentração inicial.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das características físicas e microbiológicas do solo foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2011).

As características químicas do solo e físico-química do dejetos não foram analisadas estatisticamente, pois são apresentadas somente para caracterização do solo e resíduo utilizado, sem efeito de comparação entre os tratamentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físico-químicas e o volume do dejetto líquido de suínos estão apresentados na Tabela 1. A temperatura do dejetto aplicado nas diferentes áreas variou entre 19,4 e 29,9°C e o pH de 7,1 a 7,8.

Tabela 1 – Temperatura, pH, Densidade, Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fosfato (P₂O₅) e volume do dejetto líquido de suínos aplicado nas propriedades rurais.

Tratamento	Temperatura °C	pH	Densidade Kg. m ⁻³	NTK -----mg.L ⁻¹ -----	P ₂ O ₅	Volume m ³ ha ⁻¹
P1¹	26,1	7,4	1.004,00	2.004,24	148,18	36,05
P2	29,6	7,8	1.010,00	2.184,00	715,46	39,60
P3	29,9	7,2	1.014,00	2.674,00	1.393,59	27,16
CA1	29,2	7,3	1.008,00	1.942,36	269,62	23,94
CA2	26,0	7,1	1.009,00	3.243,24	238,65	28,63
CA3	19,4	7,4	1.002,00	868,00	309,83	21,42
Média	26,7	7,36	1007,83	2152,64	512,55	29,46

¹P1 (área de pastagem (estrela africana) com aplicação de dejetto); P2 (área de pastagem (capim pioneiro) com aplicação de dejetto); P3 (área de pastagem (tifton) com aplicação de dejetto); CA1 (área de cultivo de fumo com aplicação de dejetto); CA2 (área de cultivo de aveia com aplicação de dejetto); CA3 (área de cultivo de sorgo com aplicação de dejetto).

A densidade do dejetto variou entre 1.002 e 1.014 Kg.m⁻³ na CA3 e P3, respectivamente (Tabela 1). Selbach e Sá (2004) encontraram valores de densidade do dejetto entre 1.000 e 1.045 Kg.m⁻³, os quais são similares aos encontrados nesse estudo.

Os teores de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) variaram de 868,00 mg.L⁻¹ na área CA3 a 3.243,24 mg.L⁻¹ na CA2 (Tabela 1). A Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) apresenta a relação do teor de nitrogênio com a densidade do dejetto. Para as densidades obtidas nesse estudo, os valores de N estariam entre 680 e 2.520 mg.L⁻¹, sendo próximos dos teores encontrados de NTK. Como exceção, o valor de 3.243,24 mg.L⁻¹ de NTK foi elevado para a densidade do dejetto aplicado na área CA2 (1.009 Kg.m⁻³).

O menor teor de fósforo na forma de P₂O₅ foi de 148,18 na área P1 e o maior 1.393,59 mg L⁻¹ na P3 (Tabela 1). Selbach e Sá (2004) e a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) também associam os teores de P₂O₅ com a

densidade. Para os valores de densidade dos dejetos aplicados nas áreas, os teores de P_2O_5 estariam entre 220 e 2.060 $mg.L^{-1}$, corroborando com os valores encontrados neste estudo.

A composição do dejetos é influenciada pela espécie e idade dos animais, e matéria prima usada na fabricação da ração, bem como pela proporção de nutrientes ingeridos pelos animais (KIEHL, 2010), o que pode explicar as diferenças observadas nas características físico-químicas dos dejetos líquidos de suínos.

Conforme observado na Tabela 1, os volumes dos dejetos aplicados ao solo apresentaram variações entre as áreas estudadas (21,42 a 39,60 $m^3 ha^{-1}$). De acordo com Krajewski e Povaluk (2014), o volume máximo de dejetos suínos que pode ser lançado em áreas de lavoura em Santa Catarina é de 50 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$. Nas três áreas de cultivo agrícola são realizadas duas aplicações de dejetos líquido de suíno por ano. Dessa forma, apenas na área de cultivo de aveia (CA2) o volume ultrapassa o recomendado por esse autor, pois ao considerar que o volume adicionado é igual nas duas aplicações, o volume anual seria 57 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$. Nas áreas de pastagens, como a aplicação ocorre somente uma vez ao ano, o volume aplicado não excede o volume máximo recomendado.

A caracterização química do solo está apresentada na Tabela 2. O pH dos solos estudados variou entre 4,85 e 6,32 nas áreas CA1 e CA3, respectivamente.

De acordo com Cassol, Gianello e Costa (2001), os resíduos orgânicos podem elevar o pH do solo com pequena magnitude e de maneira temporária, não sendo suficiente para provocar efeito significativo, principalmente em solos com alto poder tampão. Ainda de acordo com esses autores, os resíduos com altos teores de carbonatos aumentam o pH, ao passo que os com baixos teores de carbonato e alto conteúdo de N amoniacal podem provocar um efeito contrário.

O menor teor de nitrogênio do solo foi 0,007 $mg.L^{-1}$ na área CA3 e o maior 0,022 $mg.L^{-1}$ na P3 (Tabela 2). A forma de armazenamento dos dejetos de suínos na maioria das propriedades rurais ocorre em esterqueiras e os dejetos se encontram predominantemente na forma amoniacal. De acordo com estudos realizados por Aita, Giacomini e Hübner (2007), entre 15 e 20 dias após a aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo com sistema de plantio direto (SPD), o N amoniacal é nitrificado rapidamente e completamente oxidado a ácido nítrico.

Os teores de fósforo no solo (P) variaram entre 6,1 e 85,35 mg.L⁻¹ nas áreas MN e P1, respectivamente (Tabela 2). De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004), os teores encontrados são considerados muito baixos (SAP), baixos (MN e CA1), altos (P2) e muito altos (P3, CA3, P1, CA2 e SAC). As áreas que possuem teores altos a muito altos estão acima do nível crítico de resposta das culturas, apresentando uma alteração mínima ou nula com a adição de fósforo.

Berwanger, Ceretta e Santos (2008), verificaram em um Argissolo Vermelho distrófico arênico de Santa Maria/RS uma variação de 15 a 140 mg.L⁻¹ de fósforo na camada de 0 a 10 cm, com a aplicação de 480 e 960 m³.ha⁻¹ de dejetos líquidos de suínos durante 54 meses, respectivamente.

Os teores de potássio no solo (K) variaram de 159 mg.L⁻¹ na área P2 a 660 mg.L⁻¹ na P1 (Tabela 2). A Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) interpreta os teores de K associando-os com as classes de capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 do solo. Conforme essa classificação, os teores de K encontrados nas áreas de estudo são altos (SAC e P2) e muito altos (SAP, MN, P1, P3, CA1, CA2 e CA3). Os solos estudados apresentaram concentrações de potássio superiores ao teor crítico de 90 mg. L⁻¹ de K.

A presença de alumínio (Al) somente foi verificada nos solos das áreas CA1, P1 e SAP, o que pode estar relacionado ao fato dessas áreas apresentarem menor pH (Tabela 2), pois o aumento do pH é responsável pela neutralização do Al trocável no solo.

Os teores de cálcio (Ca) variaram entre 7,19 e 13,67 cmolc.L⁻¹ nas áreas CA1 e P1, respectivamente (Tabela 2). Em um experimento no município de Campos Novos/SC, Costa (2011) encontrou teores de cálcio entre 8 e 14 cmolc.Kg⁻¹ no solo com aplicação de dejetos líquidos de suíno, sendo que o aumento nos teores de Ca apenas foi verificado nas doses mais altas do dejetos.

Os solos apresentaram teores de magnésio entre 1,25 e 7,11 cmolc.L⁻¹ nas áreas SAP e CA3, respectivamente (Tabela 2). Silva et al. (2015), em estudo sobre as alterações no solo em função da fertilização com dejetos suínos, observou um aumento nos teores de Mg em consequência da aplicação do dejetos. De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016), todas as áreas apresentaram teores altos de Ca (Ca > 4,0 cmolc.L⁻¹) e Mg (Mg > 1 cmolc.L⁻¹).

Os teores de cobre (Cu) no solo variaram de 6,41 mg.L⁻¹ na área P1 a 15,01 mg.L⁻¹ na CA1 (Tabela 2). Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) em todas as áreas os teores de Cu são considerados altos. De acordo com a Resolução nº 420/2009 do CONAMA em solos com concentrações de Cu superiores a 60 mg.Kg⁻¹, é necessário realizar alguma interferência a fim de reduzir o teor de cobre. No entanto, os valores de Cu encontrados nas áreas de estudo são todos inferiores a esse limite.

A menor concentração de Zinco (Zn) no solo foi 1,9 mg.L⁻¹ na área SAP e a maior 13,11 mg.L⁻¹ na CA3 (Tabela 2). Conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016), todas as áreas apresentaram altos teores de Zn. A Resolução nº 420/2009 do CONAMA estabelece que nos solos com concentrações acima de 300 mg.Kg⁻¹ de zinco é preciso realizar técnicas que promovam a diminuição do teor de Zn, porém, os valores de Zn encontrados nas áreas de estudo são inferiores a esse limite.

Os teores de sódio (Na) nos solos variaram de 1,2 a 44,4 mg.L⁻¹ nas áreas SAP e P2, respectivamente (Tabela 2). Os dejetos de suínos são uma fonte de Na (OLIVEIRA et al, 2015; SERPA FILHO et al., 2013), devido à adição de NaCl na ração consumida pelos animais em confinamento (MORAL et al., 2008).

O Carbono Orgânico Total (COT) do solo variou de 1,62 % na área P1 a 3,10 % na P2 (Tabela 2). Apesar do seu potencial orgânico, a aplicação de dejetos líquidos de suínos não influenciou na porcentagem de CO do solo, o que pode ter ocorrido em função da maior atividade microbiana, aumento das emissões de CO₂ e, conseqüentemente, perda de carbono do solo.

De acordo com Bayer et al. (2006) e Tivet et al. (2013), a perda de estoque de carbono no solo pode ocorrer devido ao aumento da erosão, ao preparo intensivo do solo, ao cultivo de plantas com pouco aporte de resíduos e a acelerada decomposição microbiana.

A saturação por bases do solo variou entre 60,73 e 89,77 % nas áreas CA1 e P3, respectivamente (Tabela 2). Os valores da saturação por bases estão associados aos aumentos nos teores de Ca, Mg e Na nas áreas com aplicação de dejetos. Benedit (2014) em um experimento conduzido em Braço do Norte/SC, observou um aumento da saturação por bases em função da aplicação de dejetos líquidos de suíno no solo,

sendo que os valores variaram entre 62,78 e 77,68 %, estando próximos aos encontrados nesse estudo.

Tabela 2 – Valores de pH e teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), Na, Al, Zn, Cu, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e saturação de bases (V) em solos de propriedades rurais do município de Palmitos/SC com e sem aplicação de dejetos líquido de suínos.

Tratamento	pH água	-----mg L ⁻¹ -----			-----cmolc L ⁻¹ -----		
		N	P	K	Al	Ca	Mg
SAP¹	5,35	0,014	1,95	226,80	0,15	7,43	1,25
SAC	5,94	0,008	34,90	160,80	0,00	8,66	5,40
MN	5,86	0,019	6,10	237,60	0,00	9,96	3,14
P1	5,85	0,009	88,35	660,00	0,04	13,67	4,25
P2	5,94	0,020	20,24	159,60	0,00	10,06	6,22
P3	6,25	0,022	33,73	370,80	0,00	9,55	6,65
CA1	4,85	0,010	7,65	224,40	0,31	7,19	1,46
CA2	6,16	0,011	22,70	217,20	0,00	8,58	5,92
CA3	6,32	0,007	69,15	333,60	0,00	9,64	7,11

Tratamentos	Cu	-----mg L ⁻¹ -----			CO	V
		Zn	Na			
SAP	7,39	1,90	1,20	2,42	67,71	
SAC	12,10	4,40	3,60	2,53	79,40	
MN	8,18	4,42	3,60	2,16	80,97	
P1	6,41	6,87	0,00	1,62	84,98	
P2	13,56	10,06	44,40	3,10	86,03	
P3	14,46	10,15	20,40	2,80	89,77	
CA1	15,01	8,31	13,20	2,51	60,73	
CA2	9,22	6,67	16,80	2,94	81,36	
CA3	13,32	13,11	21,60	2,50	89,08	

¹ SAP (área de pastagem nativa sem aplicação de dejetos); SAC (área de cultivo de aveia sem aplicação de dejetos); MN (área de mata nativa); P1 (área de pastagem (estrela africana) com aplicação de dejetos); P2 (área de pastagem (capim pioneiro) com aplicação de dejetos); P3 (área de pastagem (tifton) com aplicação de dejetos); CA1 (área de cultivo de fumo com aplicação de dejetos); CA2 (área de cultivo de aveia com aplicação de dejetos); CA3 (área de cultivo de sorgo com aplicação de dejetos).

De uma forma geral, a aplicação de dejetos influenciou de forma mais expressiva nos teores de Zn, Cu e Na do solo. No entanto, apesar desses teores ainda não representarem problemas de contaminação do solo, os nutrientes, principalmente o cobre e o zinco podem acumular significativamente no solo com o passar dos anos e com a continuidade das aplicações do resíduo, configurando-se como potenciais contaminantes do solo. Basso et al. (2012) observaram uma tendência de acúmulo de

Cu e Zn no solo com o decorrer dos anos e com o aumento do número de aplicações de dejetos suínos.

As características físicas dos solos analisados estão apresentadas na Tabela 3. Na profundidade de 0 a 5 cm do solo, a umidade do solo, a porosidade total e a microporosidade apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, não apresentaram diferenças significativas na profundidade de 5 a 10 cm. Já a densidade e a macroporosidade apresentaram diferenças em ambas as profundidades.

Na profundidade de 0 a 5 cm ocorreram diferenças significativas na umidade do solo, com valores entre $0,26 \text{ g.g}^{-1}$ e $0,49 \text{ g.g}^{-1}$ na área SAS e P2, respectivamente (Tabela 3). As áreas estudadas apresentaram maior umidade na camada de 0 a 5 cm em comparação com a camada de 5 a 10 cm, exceto nas áreas SAC e CA1. A aplicação de dejetos suínos não influenciou nos valores de umidade. A umidade do solo pode ter variado em função da cobertura e manejo do solo e das condições meteorológicas no momento da coleta, sendo que as áreas de pastagem apresentaram maiores umidades em relação às áreas de cultivo agrícola. Os solos das áreas de pastagem são menos revolvidos que as áreas de cultivo agrícola, mantendo maior umidade no solo, como também foi observado por Costa et al. (2003).

A densidade aparente do solo na camada de 0 a 5 cm variou de 1,13 a 1,43 g.cm^{-3} nas áreas SAP e P3, na camada de 5 a 10 cm variou entre 1,09 e 1,41 g.cm^{-3} nas áreas SAP e P2, respectivamente (Tabela 3). Conforme Souza, Cogo e Vieira (1997), o valor máximo de densidade é $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, acima do qual a maioria das culturas é seriamente afetada devido à falta de oxigênio para a respiração das raízes.

A maior densidade na profundidade de 0 a 5 cm foi verificada na área P3 e na camada de 5 a 10 cm na P2. (Tabela 3). Os maiores valores de densidade observados nas áreas de pastagem podem estar associados ao não revolvimento do solo, a manutenção do mesmo tipo de cultura durante longo período, além do pisoteio de animais que fazem pastoreio nas áreas. De acordo com Lanzasova (2005), a elevada frequência do pastoreio nas pastagens de inverno provoca o aumento da densidade do solo na camada de 0 a 5 cm. O efeito do pisoteio dos animais sobre o solo, segundo Fidalski et al. (2008), é ainda maior quando os solos possuem alta umidade e baixa cobertura vegetal.

A menor densidade foi encontrada na Mata Nativa na camada de 0 a 5 cm (1,13 g.cm⁻³). Isso se deve ao acúmulo de matéria orgânica na primeira camada do solo, além da existência de cobertura vegetal e grande quantidade de raízes das árvores, o que diminui a densidade e aumenta a porosidade do solo (Tabela 3).

Tabela 3 – Características físicas do solo, umidade, densidade, porosidade total (Por. Total) macroporosidade (macrop.) e microporosidade (microp.), de diferentes áreas de propriedades rurais do município de Palmitos/SC, com e sem aplicação de dejetos líquido de suínos nas profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm (média de 3 repetições).

Área	Umidade	Densidade	Por. Total	Macrop.	Microp.
	g.g ⁻¹	g.cm ⁻³	-----	cm ³ . cm ⁻³ -----	-----
0 a 5 cm					
SAP¹	0,34cd ²	1,13 b	0,58 ab	0,13 a	0,45 d
SAC	0,26 d	1,32 ab	0,53 cd	0,07 ab	0,46 d
MN	0,38 bc	1,13 b	0,60 a	0,06 ab	0,54 ab
P1	0,35 cd	1,27 ab	0,58 abc	0,08 ab	0,50 bcd
P2	0,49 a	1,13 b	0,61 a	0,07 ab	0,54 abc
P3	0,32 cd	1,43 a	0,51 d	0,02 b	0,49 bcd
CA1	0,27 d	1,19 ab	0,54 bcd	0,08 ab	0,46 d
CA2	0,30 cd	1,27 ab	0,53 bcd	0,04 ab	0,48 cd
CA3	0,45 ab	1,18 ab	0,59 a	0,02 b	0,57 a
CV%	9,82	7,95	3,23	46,61	3,90
5 a 10 cm					
SAP	0,32 a	1,09 b	0,62 a	0,18 a	0,43 a
SAC	0,29 a	1,29 ab	0,56 b	0,11 ab	0,45 a
MN	0,29 a	1,30 ab	0,54 b	0,10 ab	0,44 a
P1	0,31 a	1,27 ab	0,54 b	0,08 ab	0,47 a
P2	0,26 a	1,41 a	0,52 b	0,06 b	0,46 a
P3	0,30 a	1,33 a	0,55 b	0,10 ab	0,45 a
CA1	0,29 a	1,32 a	0,56 b	0,09 ab	0,47 a
CA2	0,30 a	1,21 ab	0,56 b	0,12 ab	0,43 a
CA3	0,32 a	1,25 ab	0,53 b	0,05 b	0,48 a
CV %	8,45	6,15	3,51	38,54	7,43

¹ SAP (área de pastagem nativa sem aplicação de dejetos); SAC (área de cultivo de aveia sem aplicação de dejetos); MN (área de mata nativa); P1 (área de pastagem (estrela africana) com aplicação de dejetos); P2 (área de pastagem (capim pioneiro) com aplicação de dejetos); P3 (área de pastagem (tifton) com aplicação de dejetos); CA1 (área de cultivo de fumo com aplicação de dejetos); CA2 (área de cultivo de aveia com aplicação de dejetos); CA3 (área de cultivo de sorgo com aplicação de dejetos). ² Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

A porosidade total não foi influenciada pela aplicação de dejetos líquidos de suínos, estando relacionada à densidade do solo. Segundo Tormena et al. (2002), a porosidade é inversamente proporcional à densidade e a compactação do solo, ou seja, conforme a densidade e a compactação aumentam, a distribuição dos poros na matriz do solo é alterada e a porosidade diminui.

Conforme a Tabela 3, a macroporosidade apresentou diferenças entre os tratamentos nas duas profundidades. Na profundidade de 0 a 5 cm a macroporosidade variou de 0,02 a 0,13 cm.cm⁻³ nas áreas P3 e SAP, já na profundidade de 5 a 10 cm a variou de 0,05 a 0,18 cm.cm⁻³ nas áreas CA3 e SAP, respectivamente.

A microporosidade apresentou diferenças significativas somente na profundidade de 0 a 5 cm, com valores de 0,45 a 0,57 cm.cm⁻³ nas áreas de SAP e CA3, respectivamente (Tabela 3). Os menores valores foram observados na área de cultivo de fumo com aplicação de dejetos (CA1), nas áreas de pastagem nativa (SAP) e de cultivo de aveia sem aplicação de dejetos (SAC).

De uma forma geral, a aplicação de dejetos líquidos de suínos não influenciou nas características físicas do solo, as quais sofreram maior influência do uso do solo, da profundidade da coleta, do tipo de manejo do solo (plantio direto) e do tipo de cultura (pastagens e diferentes cultivos agrícolas).

As características microbiológicas do solo com e sem aplicação de dejetos líquidos de suínos e área nativa estão apresentadas na Tabela 4. A respiração basal variou entre 20,74 e 46,31 mg C-CO₂. Kg⁻¹ solo.dia⁻¹, sendo a menor respiração na área de pastagem sem a aplicação do dejetos (SAP) e a maior no cultivo de sorgo com aplicação (CA3).

Silva (2015) ao estudar um solo de pastagem que recebeu aplicações sucessivas de dejetos de suínos durante 2 e 14 anos na cidade de Três Passos/RS, em períodos de inverno e verão, observou que o tempo de aplicação do dejetos influenciou na respiração basal do solo. Os maiores valores de respiração basal foram verificados na área com histórico de 14 anos de aplicação em relação à área com 2 anos. No período de inverno, época na qual também foram realizadas as coletas desse estudo, os valores de respiração basal variaram entre 21,5 e 32 mg C-CO₂. Kg⁻¹ solo.dia⁻¹, valores próximos aos encontrados nas áreas estudadas.

Nesse estudo, a aplicação de dejetos líquidos de suínos contribuiu para o aumento da respiração basal do solo. Quadro et al. (2011) realizaram um estudo no

solo do município de Pelotas/RS e também constataram que o dejetos suíno promove um aumento da respiração basal.

As áreas de cultivo agrícola, exceto a área de cultivo de fumo (CA1), apresentaram uma respiração basal maior do que as áreas de pastagem (Tabela 4). Esse resultado se deve ao fato que o solo com pastagem não é revolvido e possui constantemente cobertura vegetal, propiciando um ambiente mais estável em relação às áreas sob cultivo, o que reflete em menores valores de respiração basal.

A menor respiração basal na área CA1 pode estar associada as características físicas e químicas desse solo, pois os baixos valores de pH, saturação de bases e matéria orgânica provocam um efeito negativo na atividade e população microbiana.

Segundo Melo et al. (2010), quanto maior a quantidade de matéria orgânica no solo, mais carbono estará disponível para a degradação pelos microrganismos e a atividade microbiana será favorecida. Araújo e Monteiro (2007) também destacam que a respiração microbiana está relacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo.

O carbono da biomassa microbiana variou entre 2.081,78 mg Cmic Kg⁻¹ e 4.285,05 mg Cmic Kg⁻¹ nas áreas SAC e P2, respectivamente (Tabela 4). Quadro et al. (2011) realizou um estudo em um Argissolo Vermelho Amarelo no município de Pelotas/RS e constatou que o carbono da biomassa microbiana aumentou significativamente com a aplicação de dejetos suíno até a dose de 18 Mg.ha⁻¹. Os valores de carbono da biomassa microbiana foram menores nos solos que receberam aplicações de doses mais altas de dejetos, em função da redução do oxigênio disponível para microbiota do solo.

Os valores de mineralização do nitrogênio (N) variaram de 0,004 a 0,04 mg Kg⁻¹. A mineralização foi maior nas áreas P2 e P3, e menor nas áreas SAC e CA3 (Tabela 4). A aplicação de dejetos contribuiu para o aumento da mineralização de N do solo, exceto na área CA3 que não apresentou diferenças significativas em relação ao solo de cultivo sem aplicação de dejetos (SAC). Este resultado pode ser explicado pelo menor teor de N mineral encontrado na área CA3 (Tabela 2).

Giacomini et al. (2013) verificou que um solo de Santa Maria/RS (Argissolo Vermelho distrófico arênico) com adição de dejetos líquido de suínos, apresentou valores de N mineral positivos, indicando a ocorrência de mineralização líquida de nitrogênio.

Carneiro et al. (2013) realizou um estudo sobre a mineralização de nitrogênio em dois Latossolos adubados com diferentes resíduos orgânicos. No Latossolo Vermelho amarelo com esterco suíno foi constatada uma mineralização líquida negativa, ou seja, a quantidade de N mineralizada era inferior ao do tratamento controle sem aplicação de resíduo orgânico, predominando o processo de imobilização do nitrogênio. Entretanto, no Latossolo Vermelho distroférico adubado com esterco suíno foi verificada uma mineralização líquida positiva do nitrogênio.

Tabela 4 – Respiração Basal do solo, carbono da biomassa microbiana e mineralização de nitrogênio em solos de propriedades rurais do município de Palmitos/SC com e sem aplicação de dejetos líquidos de suínos (média de 3 repetições).

Tratamento	Respiração basal mg C-CO ₂ . Kg ⁻¹ solo.dia ⁻¹	C da Biomassa microbiana mg Cmic. Kg ⁻¹ solo	Mineralização de N mg. Kg ⁻¹
SAP ¹	20,74 f	3.129,93 b	0,026 bc
SAC	22,37 f	2.081,78 d	0,004 d
MN	23,57 ef	2.300,28 cd	0,022 c
P1	22,96 ef	3.176,32 b	0,032 ab
P2	31,21 c	4.285,05 a	0,038 a
P3	26,3 de	3.829,26 a	0,039 a
CA1	30,12 cd	2.138,86 d	0,019 c
CA2	37,99 b	2.785,40 bc	0,020 c
CA3	46,31 a	4.093,71 a	0,011 d
CV%	2,73	7,17	11,40

¹ SAP (área de pastagem nativa sem aplicação de dejetos); SAC (área de cultivo de aveia sem aplicação de dejetos); MN (área de mata nativa); P1 (área de pastagem (estrela africana) com aplicação de dejetos); P2 (área de pastagem (capim pioneiro) com aplicação de dejetos); P3 (área de pastagem (tifton) com aplicação de dejetos); CA1 (área de cultivo de fumo com aplicação de dejetos); CA2 (área de cultivo de aveia com aplicação de dejetos); CA3 (área de cultivo de sorgo com aplicação de dejetos); ²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

De uma forma geral, a aplicação de dejetos líquidos de suínos influenciou nas características microbiológicas do solo, aumentando a respiração basal, o carbono da biomassa e a mineralização de nitrogênio. O uso do solo também provocou alterações nas características microbiológicas, uma vez que, os maiores valores foram encontrados em áreas de pastagem e os menores nas áreas de cultivo agrícola.

Neste estudo, as características microbiológicas se mostraram mais sensíveis em detectar as alterações ocorridas no solo devido à aplicação de dejetos líquidos de

suíno, comparadas com as características físicas e químicas, portanto são consideradas boas indicadoras da qualidade no solo.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de dejetos líquidos de suínos provocou alterações distintas nos teores de macronutrientes (N, P, K, Mg e Ca) e alumínio e nos valores de pH e saturação de bases dos solos. De uma forma geral, as concentrações de Cu, Zn e Na aumentaram com a presença do dejetos, podendo ocasionar a contaminação do solo através da aplicação contínua ao longo do tempo. As porcentagens de carbono orgânico dos solos não foram influenciadas pela aplicação do dejetos.

As características físicas dos solos não foram influenciadas pela aplicação do dejetos líquido de suíno, sendo que as alterações verificadas são decorrentes de outros fatores que estão relacionados ao manejo do solo e as características das culturas, apresentando uma variabilidade de acordo com a profundidade do solo.

A aplicação de dejetos líquidos de suíno estimulou a respiração basal, o carbono da biomassa microbiana e a mineralização de nitrogênio, evidenciando-se como uma fonte de material orgânico importante para a atividade dos microrganismos no solo. Além disso, confirmam a importância desses indicadores microbiológicos em refletir de uma forma mais rápida as modificações ocorridas no solo em função da aplicação desse resíduo.

Além da aplicação de dejetos líquidos de suínos ter ocasionado alterações nas características químicas e microbiológicas, o uso do solo também contribuiu para os resultados obtidos. Dessa forma, destaca-se a necessidade de uma análise ampla do solo, englobando o maior número de fatores envolvidos no sistema, os quais podem promover alterações a curto ou em longo prazo em suas características.

O monitoramento das características físicas, químicas e microbiológicas dos solos que recebem aplicações de dejetos líquidos de suínos é essencial para evitar a degradação e contaminação do solo e da água. Portanto, os valores encontrados neste estudo servem como base para os produtores rurais e para a realização de novas pesquisas que objetivam avaliar a quantidade e a maneira correta de aplicação de dejetos no solo, buscando a conciliação da produtividade com a manutenção da qualidade do solo e do ambiente.

IMPACT OF THE APPLICATION OF SWINE FLUID IN THE SOIL QUALITY OF WEST CATARINENSE

ABSTRACT

This study had as objective to evaluate the influence of the application of liquid swine manure on the soil quality of rural properties in the western region of Santa Catarina. Samples were collected from four pig farms in the municipality of Palmitos / Santa Catarina State, Brazil, from swine and soil samples from native forest, pasture and agricultural crops, with and without liquid swine. The physicochemical characteristics of the waste and the volumes of waste applied were analyzed. Macronutrients (N, P, K, Ca and Mg), Zn, Cu, Na and Al and total organic carbon of the soil were analyzed. The physical characteristics of the soil were: moisture, density, porosity, macro and microporosity; The microbiological characteristics of the soil were evaluated through microbial biomass, basal respiration and nitrogen mineralization. In general, the application of swine net waste did not interfere in the physical characteristics of the soil and promoted an increase in Zn and Na contents. Microbiological characteristics were influenced by the application of swine net waste and by soil use, demonstrating that they are good indicators of soil quality.

Keywords: Soil quality indicators. Agricultural waste. Ground pollution.



REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 94-102, jan. 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/pab/v42n1/13.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2018.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19 st ed., Washington DC, USA.

ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/%20biosciencejournal/article/%20viewFile/%206684/4403>>. Acesso em 15 de abril de 2018.

BASSO, C. J.; CERETTA, C.A.; FLORES, E.M.M.; GIROTTI, E. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v.

42, n. 4, p. 653-659, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782012000400012&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 16 de abril de 2018.

BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil and Tillage Research**, v. 91, p. 217-226, 2006. Disponível: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198705003132>>. Acesso em 17 de abril de 2018.

BENEDET, L. **Biodisponibilidade de cobre e zinco e alterações bioquímicas e fisiológicas em plantas de milho (Zea mays L.) em solo adubado com dejetos suínos**. 2014. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129192>>. Acesso em 17 de abril de 2018.

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A.; SANTOS, D.R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2525-2532, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000600029&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 18 de abril de 2018.

CANALI, S.; BENEDETTI, A. 2006. Soil Nitrogen Mineralization. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Ed.). Microbiological methods for assessing soil quality, Oxfordshire, **CABI Publishing**, p. 127-135.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

CARNEIRO, W.J.O.; SILVA, C.A.; MUNIZ, J.A.; SAVIAN, T.V. Mineralização do nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 715-725, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832013000300018&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 18 de abril de 2018.

CASSOL, P.C.; GIANELLO, C.; COSTA, V.E.U. Frações de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25:635-644, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832001000300012&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 19 de abril de 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO solo - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10^a ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 400 p., 2004. Disponível em: <http://www.sbcs-nrs.org.br/docs/manual_de_adubacao_2004_versao_internet.pdf>. Acesso em 19 de abril de 2018.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11^a ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 376 p., 2016. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1056573&biblioteca=va>>

zio&busca=assunto:Aduba%C3%A7%C3%A3o&qFacets=assunto:Aduba%C3%A7%C3%A3o&sort=&paginacao=t&paginaAtual=162>. Acesso em 20 de abril de 2018.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 18 de abril de 2018.

COSTA, A.C. **Rendimento de milho, atributos químicos e formas do fósforo no solo após nove aplicações anuais de dejetos suíno**. 2011. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade do Estado de Santa Catarina – Lages, Santa Catarina, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/830/andrea_cidral_da_costa_paulo_cezaz_cassol_30_0.pdf>. Acesso em 21 de abril de 2018.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527- 535, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000300014>. Acesso em 22 de abril de 2018.

CRISPIM, S.M.A.; FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M.; SOARES, M.T.S.; LISITA, F.O.; DOMINGOS BRANCO, O.; FRANCO, E. **Aplicação de dejetos suínos na produção de Tifton 85 em assentamento rural, São Gabriel do Oeste, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 84). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/880083/aplicacao-de-dejetos-suinis-na-producao-de-tifton-85-em-assentamento-rural-sao-gabriel-do-oeste-ms>>. Acesso em 22 de abril de 2018.

DORTZBACH, D.; LEIS, C.; BITTENCOURT, H.V.H; COMIN, J.J.; BELLI FILHO, P. Teores de cobre e zinco no solo após sucessivas aplicações de dejetos líquido e cama sobreposta de suínos. In: Reunião brasileira de manejo de manejo e conservação do solo e da água, 17. **Anais..** Rio de Janeiro, SBCS, Embrapa Solos, Embrapa Agrobiologia, p. 1-4, 2008. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_2550.pdf>. Acesso em 23 de abril de 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1). Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2018.

FERNANDES, A.H.B.M.; CARDOSO, M.A.; SOUZA, R.A.C.; FERNANDES, F.A.; SOARES, M.T.S.; CRISPIM, S.M.A.; GALVANI, F.; LISITA, F.O. **Nitrificação e mineralização de carbono em solos tratados com dejetos de suínos biodigeridos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011. 15 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 111). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920832/nitrificacao-e-mineralizacao-de-carbono-em-solos-tratados-com-dejetos-de-suinos-biodigeridos>>. Acesso 22 de abril de 2018.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; CECATO, U.; BARBERO, L.M.; LUGÃO, S.B.; COSTA, M.A.T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p.1583-1590, 2008. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/961>>. Acesso em 23 de abril de 2018.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; BARBOSA, S.P.; MIOLA, E.C.C. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 211-219, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2013000200012&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em 21 de abril de 2018.

HÖPER, H. Substrate-induced respiration. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D.W.; BENEDETTI, A. (Ed). Microbiological methods for assessing soil quality. **CABI**, Wallingford, p. 84–92, 2006.

KIEHL, J.E. **Novos fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Degaspari, 248 p., 2010.

KRAJESKI, A.; POVALUK, M. Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos dejetos suínos. **Saúde e Meio Ambiente**, v. 3, n.1, p.3-18, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/415>>. Acesso em 24 de abril de 2018.

LANZANOVA, M.E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura pecuária**. 2005. 123 p, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Dissertacoes/MASTRANGELO-LANZANOVA.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2018.

MELO, E.F.R.Q.; MENEGHETTI, L.R.R.; ASTOLFI, R.M.; CAVELHÃO, G. Monitoramento da atenuação natural do solo de cobertura em um aterro de resíduos sólidos urbanos em passo fundo, RS. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 4, n. 2, p. 5-16, 2010. Disponível em: <<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/81>>. Acesso em 24 de abril de 2018.

MORAL, R.; PEREZ-MURCIA, M.D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; MORENO-CASELLES, J.; PAREDES, C.; RUFETE, B. Salinity, organic content, micronutrients and heavy

metals in pig slurries from South-eastern Spain. **Waste Management**, v. 28, n. 2, p. 367-371, 2008. Disponível em: <<http://europepmc.org/abstract/MED/17419044>>. Acesso em 18 de abril de 2018.

OLIVEIRA, J.G.R.; BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; TORRES, E.C. Perda de solo e água e riscos ambientais da concentração de nutrientes no escoamento superficial em solo cultivado no sistema de plantio direto e submetido a adubações orgânicas e mineral. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 93-112, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n4/a18v31n4.pdf>>. Acesso em 20 de abril de 2018.

POTTER, R.O.; CARVALHO, A.P.; FLORES, C.A.; BOGNOLA, I. **Solos do estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 721 p., 2004 (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/964417/solos-do-estado-de-santa-catarina>>. Acesso em 19 de abril de 2018.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suíno. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 17, n.1-4, p. 85-93, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2035>>. Acesso em 21 de abril de 2018.

SELBACH, P.A.; SÁ, E.S. 2004. **Adubos Orgânicos, organo-minerais e agricultura orgânica**. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas, Porto Alegre, Genesis, p. 175-186, 2004.

SERPA FILHO, R.; SEHNEM, S.; CERICATO, A.; SANTOS JUNIOR, S.; FISCHER, A. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2333>>. Acesso em 24 de abril de 2018.

SILVA, A.A.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; COSTA, A.M. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, n. 35, v. 2, p. 254-265, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162015000200254&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em 24 de abril de maio.

SILVA, D.M. **Biota do solo em pastagem sob aplicação sucessiva de dejetos de suínos**. 2015. 64 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2015. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Teses/DANNI-MAISA-DA-SILVA-TESE.pdf>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 4 p., 2007. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).

SILVA, F. A. S. **Assistat Versão 7.7 beta**. 2011. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em 26 de março de 2018.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 627 p., 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>>. Acesso em 21 de abril de 2018.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 367-372, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831997000300003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 24 de abril de 2018.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim técnico N. 5. 2. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174 p., 1995.

TIVET, F.; SÁ, J.C.; LAL, R.; BORSZOWSKI, P.R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J.B.; SÁ, M.F.M.; HARTMAN, D.C.; EURICH, G.; FARIAS, A.; BOUZINAC, S.; SÉGUY, L. 2013. Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Geoderma**, v. 209-210, p. 214-225, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706113002085>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONCALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162002000400026&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 17 de abril de 2018.

VIVAN, M.; KUNZ, A; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V.H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n3/v14n03a13.pdf>>. Acesso em 29 de abril de 2018.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n.19, p. 1467-1476, 1988. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628809368027>>. Acesso em 01 de maio de 2018.