



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Gonçalves Júnior, Affonso Celso; Lindino, Cleber Antônio; Lolato Ribeiro, Ossival; Garcia Marengoni, Nilton; Nacke, Herbert

Efeitos de floculantes na concentração de micro e macronutrientes em biofertilizante suíno

Acta Scientiarum. Technology, vol. 30, núm. 2, 2008, pp. 139-146

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226522003>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Efeitos de floculantes na concentração de micro e macronutrientes em biofertilizante suíno

Affonso Celso Gonçalves Júnior^{1*}, Cleber Antônio Lindino², Ossival Lolato Ribeiro³, Nilton Garcia Marengoni¹ e Herbert Nacke⁴

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ²Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. ³Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ⁴Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: affonso133@hotmail.com

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar quimicamente as fases sólida e líquida de biofertilizante suíno, separadas com diferentes floculantes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tipos de floculantes, sendo cinco doses de cada floculante, com cinco repetições. A separação foi efetuada por meio de flocação/decantação por 1h após a adição do floculante. Realizou-se a caracterização química das fases sólida e líquida do biofertilizante, a partir da determinação de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn. Na fase líquida, o objetivo de diminuir os macronutrientes foi atingido quando se utilizaram as doses 10 e 20 mL da combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio, e os micronutrientes foram reduzidos quando foram utilizados os floculantes sulfato de alumínio e hidróxido de cálcio + sulfato de alumínio.

Palavras-chave: dejetos suíno, flocação química, nutrientes.

ABSTRACT. The effect of flocculants on the concentrations of micro and macronutrients in swine biofertilizer . The objective of this work was to chemically evaluate the solid liquid phases of swine biofertilizer separated by different flocculants. The experimental design was completely randomized, with five kinds of flocculants and five doses of each flocculant, with five repetitions. The separation was conducted through flocculation/decantation for an hour after the addition of each flocculent. The chemical characterization was done on the solid and liquid biofertilizer phases from the determination of the following elements: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe and Mn. For the liquid phase, the purpose of decreasing macronutrients was achieved using the doses of 10 and 20 mL of the combination between the flocculants dolomitic limestone + calcium hydroxide, and micronutrients reduction occurred when the flocculants aluminum sulfate and calcium hydroxide + aluminum sulfate were used.

Key words: swine manure, chemical flocculation, nutrients.

Introdução

A atual mudança de paradigmas pela qual passa a sociedade moderna faz com que sejam repensados os modelos predominantes de produção de alimentos até então empregados. Reconhecidamente, tais modelos desperdiçam diversos recursos internos e externos à propriedade agrícola, como energia, água, fertilizantes, agrotóxicos, entrando em conflito com as dimensões sociais, econômicas e ambientais responsáveis pela sustentabilidade dos agrossistemas (Menezes Júnior *et al.*, 2004).

A administração dos dejetos de animais, especialmente de suínos, vem tornando-se um problema de difícil solução. Evidentemente, quanto maior o tamanho da atividade agropecuária, os

procedimentos de utilização ou de retirada dos dejetos da propriedade tornam-se mais sofisticados e economicamente limitantes. Nas últimas décadas, os sistemas de produção de suínos foram drasticamente modificados, concentrando o rebanho em um número cada vez menor de granjas e ocupando pequenas áreas rurais, frequentemente sem áreas para disposição dos resíduos da atividade (Oliveira, 2002).

Pelos avanços tecnológicos, houve um interesse crescente, por parte dos produtores, em confinar animais em todas as fases do ciclo produtivo, culminando com elevados índices de produtividade por unidade de área e de tempo. Esta concentração em pequenas áreas traz como consequência um aumento na produção de dejetos, sendo este um problema de ordem técnica, sanitária e econômica,

decorrente do confinamento, que tem constituído um desafio para criadores, técnicos e pesquisadores (Konzen et al., 1997). No Brasil, fundações nacionais e, principalmente, estaduais de preservação do meio ambiente têm exigido alterações significativas e complexas com relação ao manejo de dejetos (Penz Júnior e Coutinho, 2002).

O problema relacionando o binômio: dejetos de suínos e meio ambiente atinge não somente o Brasil, mas vários países da Europa e, também, os Estados Unidos e Canadá. Algumas alternativas de manejo e tratamento de dejetos foram desenvolvidas e estão sendo empregadas com resultados promissores. No entanto, em alguns casos, os custos econômicos de implantação tornam inviável sua utilização para médios e pequenos produtores. Além dos aspectos ambientais, os processos adotados para o tratamento dos dejetos devem proporcionar agregação de valor ao resíduo final, para torná-lo auto-sustentável economicamente, pela valorização agronômica do resíduo como fertilizante orgânico ou pela geração de energia (Oliveira, 2002).

As informações recentes para as condições brasileiras sobre quantidade e componentes físico-químicos dos dejetos produzidos pela suinocultura ainda não permitem o adequado dimensionamento das estruturas de manejo e armazenamento. Observa-se, muitas vezes, o hábito de escoar os dejetos em córregos, riachos, lagoas e rios, causando sérios problemas de degradação ambiental, além da perda de fonte de nutrientes para a agricultura. No entanto, os altos custos dos fertilizantes químicos vêm induzindo produtores, técnicos e pesquisadores a um esforço no sentido de utilizar todos os recursos disponíveis para minimizar custos de produção dos alimentos destinados à criação (Konzen et al., 1997).

O emprego de insumos de origem orgânica na agricultura, como biofertilizantes, pode vir a ser uma técnica viável, permitindo que os esforços sejam mobilizados em direção a propostas agroecológicas (Menezes Júnior et al., 2004). Além de fonte de nutrientes, os biofertilizantes, em geral, ao serem aplicados nas culturas, podem também contribuir para o aumento da resistência natural das plantas ao ataque de pragas e patógenos (Nunes e Leal, 2001).

Portanto, uma alternativa para utilizar os biofertilizantes na agricultura, visando à redução de custos e à manutenção da fertilidade do solo e tentando, ao mesmo tempo, diminuir os problemas de acúmulo e poluição, é a adição de floculantes químicos ao biofertilizante, com o objetivo de reduzir a concentração de nutrientes na fase líquida de forma que a mesma possa ser liberada no meio ambiente e aumentar a concentração dos nutrientes

da fase sólida, evitando, dessa forma, o aumento dos custos de transporte do biofertilizante.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental. Coletaram-se as amostras de biofertilizante na Granja Suinícola Stein, situada no município de Entre Rios do Oeste, Estado do Paraná, que possui uma criação de ciclo completo e contínuo, com aproximadamente 2.000 animais, onde se encontra instalado um biodigestor do tipo fluxo tubular com capacidade de 800 m³.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, e avaliaram-se cinco tipos de floculantes e cinco dosagens para cada floculante, sendo elas 1,25; 2,50; 5,00; 10,00 e 20,00 mL de uma solução a 10% do floculante para 100 mL de biofertilizante suíno, com cinco repetições, formando um esquema fatorial 5x5.

A separação das fases líquida e sólida do biofertilizante foi realizada por floculação/decantação, por um período de 1h após a adição de cada floculante; utilizou-se um volume de 100 mL de biofertilizante suíno *in natura* para cada dose de floculante, conforme metodologia utilizada por Faria (1998). Os floculantes testados foram: sulfato de alumínio comercial ($Al_2(SO_4)_3$), hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), calcário dolomítico ($CaMg(CO_3)_2$) e combinações na proporção 50:50% de sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio ($Al_2(SO_4)_3 + Ca(OH)_2$) e calcário dolomítico + hidróxido de cálcio ($CaMg(CO_3)_2 + Ca(OH)_2$). A separação de fases na testemunha (biofertilizante *in natura*, sem adição de floculante) foi efetuada pela decantação do biofertilizante, pelo período de 1h.

Após o período de floculação/decantação, separou-se a fase líquida com auxílio de pipetas volumétricas, acondicionando este volume em frascos de vidro de 100 mL. A fase sólida foi acondicionada em copo de bêquer de 50 mL, previamente seco em estufa e tarado, sendo levado a estufa a 105°C, para secura total e mensuração da quantidade de sólidos floculados.

Após a separação de fases, realizou-se a caracterização química das mesmas e foram determinadas as quantidades dos macronutrientes – nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) – e dos micronutrientes – cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn). Para a quantificação dos macro e micronutrientes, em ambas as fases, realizou-se digestão nitro-peróxido

(AOAC, 1990) para posterior determinação das concentrações de K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn por técnicas de espectrometria de absorção atômica, modalidade chama, EAA/chama (Welz, 1985). Com relação aos teores totais do P e N, os mesmos foram determinados por meio de digestão sulfúrica (Iapar, 1992), sendo o P determinado por meio da técnica de espectrofotometria UV-vis, e o N, por meio da técnica da destilação pelo método Kjeldhal (Iapar, 1992).

Resultados e discussão

As concentrações (em g L⁻¹) dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, em relação à fase líquida do biofertilizante suíno, para as doses 1,25; 2,50; 5,00; 10,00 e 20,00 mL, estão expressas na Tabela 1, respectivamente, para cada floculante utilizado.

Referente à dose 1,25 mL, não houve diferença significativa em relação à testemunha para N, K, Ca e Mg, em nenhum tipo de floculante. Esta dose proporcionou redução significativa do P somente quando os floculantes utilizados foram o hidróxido de cálcio e a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio, diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos demais floculantes e da testemunha.

Na dose de 2,50 mL, observa-se novamente que ocorreu redução significativa ($p < 0,05$) somente na

concentração de P, em relação à testemunha e ao calcário dolomítico, quando se utilizam os floculantes sulfato de alumínio, hidróxido de cálcio e a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio.

Em relação à dose de 5,00 mL ocorreu redução significativa ($p < 0,05$) dos teores de P e Ca; os floculantes que proporcionaram maior redução da concentração de P foram o sulfato de alumínio, o hidróxido de cálcio, a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio e calcário dolomítico + hidróxido de cálcio. Já para a concentração de Ca, os floculantes que demonstraram maior redução foram o hidróxido de cálcio, a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio e calcário dolomítico + hidróxido de cálcio.

No entanto, apesar de as doses 2,50 e 5,00 mL terem apresentado resultados estatisticamente semelhantes com relação aos floculantes utilizados, a redução na concentração do macronutriente P, quando utilizada a dose 5,00 mL, foi 50% superior à dose 2,50 mL, quando utilizado o hidróxido de cálcio, ou seja, de 1,6 g L⁻¹ reduziu para 0,8 g L⁻¹. O sulfato de alumínio e a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio proporcionaram resultados superiores, pois a redução ocorreu na ordem de 75 e 70%, respectivamente.

Tabela 1. Concentração média em g L⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg na fase líquida de biofertilizante suíno em função das doses utilizadas de cada floculante.

Macronutrientes (g L ⁻¹)	Floculantes					Biofertilizante <i>in natura</i> (Testemunha)	C.V.
	AISO ₄	Ca(OH) ₂	CaMg(CO ₃) ₂	AlSO ₄ + Ca(OH) ₂	CaMg(CO ₃) ₂ + Ca(OH) ₂		
Dose 1,25 mL							
N	187,2 a	182,8 a	194,2 a	178,9 a	181,5 a	178,4 a	5,24
P	7,1 abc	2,3 c	9,3 ab	2,6 c	3,2 bc	10,8 a	57,43
K	38,2 a	42,8 a	45,8 a	50,4 a	48,1 a	57,0 a	36,72
Ca	4,3 a	3,2 a	7,1 a	4,9 a	4,4 a	7,8 a	45,01
Mg	2,3 a	1,4 a	0,9 a	6,0 a	1,8 a	0,8 a	153,21
Dose 2,50 mL							
N	184,2 a	180,7 a	187,7 a	178,5 a	178,9 a	178,4 a	5,87
P	3,1 c	1,6 c	11,1 a	1,7 c	4,6 bc	10,7 ab	57,95
K	44,1 a	44,9 a	46,1 a	46,3 a	56,2 a	57,0 a	29,08
Ca	5,1 a	2,0 a	6,5 a	3,0 a	5,4 a	7,8 a	70,51
Mg	3,7 a	3,7 a	0,8 a	6,5 a	3,1 a	0,8 a	105,18
Dose 5,00 mL							
N	193,4 a	172,4 a	180,7 a	177,2 a	177,2 a	178,4 a	5,85
P	0,8 b	0,8 b	8,5 a	0,5 b	1,8 b	10,8 a	44,68
K	47,6 a	43,2 a	48,6 a	46,4 a	34,2 a	57,0 a	30,06
Ca	7,6 a	1,4 b	6,9 a	2,6 b	1,7 b	7,8 a	36,11
Mg	4,4 a	4,2 a	0,7 a	7,9 a	3,2 a	0,8 a	107,63
Dose 10,00 mL							
N	185,1 a	168,4 ab	177,6 ab	168,8 ab	154,8 b	178,4 ab	7,09
P	0,3 b	0,7 b	11,8 a	0,5 b	1,8 b	10,8 a	52,57
K	46,1 a	44,9 a	52,2 a	48,0 a	48,5 a	57,0 a	30,65
Ca	15,1 a	1,0 c	7,5 b	2,7 c	1,2 c	7,8 b	26,88
Mg	5,3 a	4,1 a	1,1 a	10,1 a	3,7 a	0,8 a	120,91
Dose 20,00 mL							
N	174,5 a	149,2 b	165,4 ab	153,1 b	148,3 b	178,4 a	6,14
P	6,6 a	0,6 b	10,1 a	0,3 b	1,1 b	10,8 a	50,68
K	48,5 a	48,8 a	48,9 a	50,4 a	49,8 a	57,0 a	24,45
Ca	17,2 ab	22,7 a	7,9 ab	8,3 ab	3,4 b	7,8 ab	87,59
Mg	4,0 ab	3,2 ab	1,2 ab	14,6 a	2,8 ab	0,8 b	154,39

Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si em nível de 5%; C.V. – coeficiente de variação.

Com relação à dose 10,00 mL, observa-se que, além do P, as concentrações de N e Ca diferiram estatisticamente. Esta dose foi mais eficiente, pois quando se utilizou a combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio, obteve-se redução significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de N, P e Ca, o que não ocorreu quando se utilizou dose menor. No caso do Ca, a redução da concentração só não foi obtida quando os floculantes utilizados eram o calcário e sulfato de alumínio. Em relação ao P, observa-se que a utilização da dose 10,00 mL proporcionou redução de sua concentração, exceto quando o floculante utilizado foi o calcário dolomítico.

O floculante composto pela combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio demonstrou superioridade aos demais quando a dose utilizada foi de 20,00 mL. Este floculante proporcionou diferença significativa ($p < 0,05$) na concentração de N, P e Ca, ocorrendo maior redução de suas concentrações. Quando o floculante utilizado foi o hidróxido de cálcio ou a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio, houve redução nas concentrações de N e P em relação à testemunha.

Pode-se observar, ainda, na Tabela 1, que o calcário

dolomítico proporcionou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à testemunha apenas para a concentração de Ca na dose de 10,00 mL, podendo ser considerado o floculante menos eficiente. Observa-se, ainda, que não há redução da concentração de K na fase líquida do biofertilizante suíno, independentemente da dose ou do floculante utilizado.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados médios (em mg L^{-1}) das concentrações obtidas para os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn na fase líquida do biofertilizante suíno utilizando os diferentes floculantes.

Para fins de comparação com a fase líquida, foram utilizados os padrões de potabilidade da água (Tabela 3), segundo a Resolução Conama 357/05 (Brasil, 2005), pois se desejam obter, na fase líquida, as menores concentrações possíveis destes nutrientes, para que exista a possibilidade de retorno dessa água ao meio ambiente.

Ao analisar os resultados obtidos para micronutrientes, observa-se que, mesmo quando se utilizou a maior dose e foram atingidas as maiores reduções de concentração, os valores obtidos na fase líquida do biofertilizante suíno ainda estão acima do permitido na água potável.

Tabela 2. Concentração média em mg L^{-1} de Cu, Zn, Fe e Mn na fase líquida de biofertilizante suíno em função das doses utilizadas de cada floculante.

Micronutrientes (mg L^{-1})	Floculantes					Biofertilizante <i>in natura</i> (Testemunha)	C.V.
	AlSO_4	Ca(OH)_2	$\text{CaMg(CO}_3)_2$	$\text{AlSO}_4 + \text{Ca(OH)}_2$	$\text{CaMg(CO}_3)_2 + \text{Ca(OH)}_2$		
Dose 1,25 mL							
Cu	6,0 ab	8,0 ab	9,0 a	4,0 b	5,0 ab	8,0 ab	37,22
Zn	14,0 b	39,0 b	37,0 b	17,0 b	43,0 b	79,0 a	41,67
Fe	35,0 b	140,0 a	91,0 ab	48,0 b	92,0 ab	76,0 ab	47,55
Mn	8,0 a	18,0 a	8,0 a	4,0 a	5,0 a	5,0 a	104,7
Dose 2,50 mL							
Cu	4,0 bc	7,0 ab	7,0 ab	2,0 c	6,0 ab	8,0 a	33,18
Zn	7,0 b	34,0 b	30,0 b	11,0 b	35,0 b	79,0 a	50,73
Fe	22,0 b	90,0 a	79,0 ab	32,0 ab	74,0 ab	76,0 ab	51,45
Mn	11,0 a	6,0 a	6,0 a	2,0 a	5,0 a	5,0 a	149,0
Dose 5,00 mL							
Cu	2,0 c	6,0 ab	6,0 ab	2,0 c	5,0 bc	8,0 ab	34,05
Zn	2,0 c	26,0 bc	27,0 bc	4,0 bc	30,0 b	79,0 a	47,20
Fe	13,0 b	62,0 ab	75,0 a	18,0 b	79,0 a	76,0 a	48,22
Mn	26,0 a	4,0 b	4,0 b	1,0 b	4,0 b	5,0 b	84,79
Dose 10,00 mL							
Cu	2,0 c	4,0 bc	7,0 ab	1,0 c	5,0 b	8,0 a	33,70
Zn	6,0 c	13,0 bc	28,0 b	1,0 c	23,0 b	79,0 a	34,04
Fe	90,0 a	31,0 ab	71,0 ab	9,0 b	54,0 ab	76,0 a	57,75
Mn	88,0 a	2,0 b	6,0 b	1,0 b	1,0 b	5,0 b	101,8
Dose 20,00 mL							
Cu	3,0 bc	2,0 c	6,0 ab	1,0 c	4,0 ab	8,0 a	54,39
Zn	55,0 ab	2,0 c	23,0 bc	1,0 c	11,0 bc	79,0 a	81,75
Fe	512,0 a	9,0 b	71,0 b	5,0 b	24,0 b	76,0 b	78,75
Mn	69,0 a	1,0 b	5,0 b	1,0 b	1,0 b	5,0 b	124,4

Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si em nível de 5%; C.V. – coeficiente de variação.

Tabela 3. Concentração máxima dos elementos Cu, Zn, Fe, Mn para que a água seja considerada potável, segundo Resolução 357/05 do Conama.

Micronutrientes	Concentração (mg L^{-1})
Cu	0,009
Zn	0,180
Fe	0,300
Mn	0,100

Fonte: Brasil (2005).

Pela Tabela 2, pode-se observar que para Cu, Zn e Fe houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação às concentrações obtidas por diferentes floculantes, utilizando-se a dose 1,25 mL. Quando o floculante sulfato de alumínio foi utilizado, ocorreu redução nas concentrações de Zn e Fe. No entanto, a utilização da combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio proporcionou redução significativa das concentrações de Cu, Zn e Fe. No caso do micronutriente Zn, pode-se observar que todos floculantes utilizados foram eficientes.

Nota-se que os resultados obtidos com a dose 2,50 mL foram numericamente semelhantes aos da dose 1,25 mL. Novamente, o Zn apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos floculantes, quando comparados à testemunha. No entanto, o Cu apresentou redução de sua concentração quando o floculante utilizado foi a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio, bem como o Fe teve sua concentração reduzida quando se utilizou o sulfato de alumínio como floculante.

Na dose de 5,00 mL, verifica-se que ocorreu redução nas concentrações dos micronutrientes Cu, Zn e Fe novamente. O Cu apresentou redução significativa ($p < 0,05$) para os floculantes sulfato de alumínio e a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio, proporcionando redução da concentração de Cu em 75%, ou seja, enquanto a testemunha apresentou 8,0 mg L⁻¹, com a utilização dos floculantes citados, foram obtidos 2,0 mg L⁻¹. O sulfato de alumínio apresentou-se

eficiente também em relação à redução da concentração de Zn e Fe. A testemunha apresentou valores de 79,0 e 76,0 mg L⁻¹ de Zn e Fe, respectivamente. Porém, com a utilização deste floculante, as concentrações foram 2,0 e 13,0 mg L⁻¹ de Zn e Fe. No entanto, o Mn, que nas doses anteriores não havia sido influenciado por nenhum floculante, teve sua concentração aumentada pelo floculante sulfato de alumínio.

Utilizando-se a dose de 10,00 mL, o floculante composto por sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio sobressaiu-se em relação aos demais e proporcionou as menores concentrações de todos os micronutrientes. A dose de 20,00 mL demonstra que tanto a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio quanto somente o hidróxido de cálcio como floculante proporcionam melhores resultados que os demais floculantes, ocorrendo redução da concentração de Cu e Zn.

Em relação à fase sólida, o que se deseja do biofertilizante suíno é a obtenção da concentração dos nutrientes nesta fase. Portanto, para fins de comparação, utilizaram-se resultados médios obtidos por pesquisas anteriores com diferentes resíduos de suinocultura que não sofreram nenhum tipo de tratamento (*in natura*) e foram utilizados para a manutenção da fertilidade do solo e nutrição de plantas (Tabela 5). Os resultados médios das concentrações (em g kg⁻¹) dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, obtidos na fase sólida do biofertilizante suíno, para as doses 1,25; 2,50; 5,00; 10,00 e 20,00 mL, estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Concentração média em g kg⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg na fase sólida de biofertilizante suíno em função das doses utilizadas de cada floculante.

Macronutrientes (g kg ⁻¹)	Floculantes			Biofertilizante <i>In natura</i> (Testemunha)	C.V.
	AlSO ₄	Ca(OH) ₂	CaMg(CO ₃) ₂		
Dose 1,25 mL					
N	105,0 a	91,8 a	96,2 a	100,6 a	116,4 a
P	41,7 a	36,6 a	34,7 a	39,3 a	48,5 a
K	249,4 a	27,1 a	165,6 a	59,1 a	30,3 a
Ca	57,9 bc	109,9 ab	76,8 abc	90,2 abc	113,5 a
Mg	9,8 b	44,3 ab	33,0 ab	33,8 ab	51,2 a
Dose 2,50 mL					
N	78,7 a	91,8 a	91,8 a	100,6 a	78,7 a
P	40,7 a	29,6 a	32,8 a	34,1 a	28,5 a
K	69,3 a	26,0 a	30,0 a	44,6 a	24,2 a
Ca	55,4 b	128,7 a	99,4 ab	98,4 ab	128,9 a
Mg	8,5 b	50,4 ab	41,8 ab	38,2 ab	56,8 a
Dose 5,00 mL					
N	100,6 a	61,2 b	70,0 b	70,0 b	116,4 a
P	31,6 a	20,1 a	25,7 a	24,3 a	48,5 a
K	80,1 a	22,8 a	25,7 a	73,8 a	20,3 a
Ca	46,0 b	151,6 a	128,4 a	115,6 a	145,0 a
Mg	8,1 b	64,6 a	54,1 ab	46,9 ab	63,8 a
Dose 10,00 mL					
N	118,1 a	56,9 b	65,6 b	61,2 b	116,4 a
P	22,6 a	17,8 a	16,3 a	16,8 a	48,5 a
K	27,9 a	17,7 a	20,9 a	39,5 a	14,9 a
Ca	35,2 b	183,3 a	143,1 a	128,7 a	182,6 a
Mg	3,5 b	82,4 a	66,3 ab	50,7 ab	76,2 a
Dose 20,00 mL					
N	96,2 ab	56,8 c	65,6 bc	56,9 c	87,5 abc
P	19,9 ab	10,5 b	12,7 ab	11,5 ab	10,5 b
K	48,9 a	78,4 a	19,9 a	26,0 a	171,3 a
Ca	29,5 c	201,7 a	166,0 ab	126,9 ab	193,9 ab
Mg	2,9 c	94,7 a	75,6 abc	57,2 abc	90,4 ab

Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si em nível de 5%; C.V. – coeficiente de variação.

Quando foram utilizadas as doses 1,25 e 2,50 mL de floculante, observou-se que não houve aumento significativo ($p > 0,05$) nas concentrações de N, P e K para nenhum floculante, em ambas as doses. No entanto, Ca e Mg apresentaram concentrações duas vezes maiores que a testemunha, sendo significativamente superiores quando o floculante utilizado foi a combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de que, apesar de estas doses serem pequenas, este floculante é composto por duas fontes de Ca e Mg; portanto, mesmo em dose pequena, este floculante proporcionou maior disponibilidade dos macronutrientes em questão.

Ao comparar os resultados da Tabela 4 com os resultados obtidos em pesquisas anteriores (Tabela 5), observa-se que os teores de N, Ca e Mg, obtidos tanto na testemunha como no biofertilizante tratado com floculantes foram superiores aos encontrados por Silva (2000), Miranda et al. (1999) e Menezes et al. (2003). Em relação ao P, nas doses 1,25 e 2,50 mL, somente a utilização de sulfato de alumínio como floculante e a testemunha superaram os valores encontrados em cama de suínos ($40,0 \text{ g kg}^{-1}$). Para o K, os floculantes hidróxido de cálcio e a combinação composta por calcário dolomítico + hidróxido de cálcio proporcionaram concentrações inferiores em relação às observadas na Tabela 5.

Tabela 5. Concentração média de macro (em g kg^{-1}) e micronutrientes (em mg kg^{-1}) em biofertilizante suíno *in natura* utilizado como fertilizante orgânico.

Macronutrientes	Silva (2000)*	Miranda et al. (1999)**	Menezes et al. (2003)***
	Concentração (g kg^{-1})		
N	10,9	8,5	29,6
P	7,3	7,5	40,0
K	31,0	43,0	37,5
Ca	8,9	-----	22,0
Mg	6,2	-----	6,9
Concentração (mg kg^{-1})			
Cu	83,0	-----	-----
Zn	13,15	-----	-----
Fe	35,67	-----	-----
Mn	5,80	-----	-----

*biofertilizante *in natura*; **dejetos de suínos integral; ***cama de suínos.

Utilizando-se as doses de 5,00 e 10,00 mL, obteve-se melhora na eficiência dos floculantes, pois apesar de N, P e K não apresentarem aumento significativo ($p > 0,05$) em suas concentrações, os floculantes, com exceção do sulfato de alumínio, foram estatisticamente superiores à testemunha para o Ca. Com relação ao Mg, observa-se que o hidróxido de cálcio também superou estatisticamente a concentração encontrada na testemunha, o que não ocorreu quando foram utilizadas doses menores.

Quando se utilizaram as doses 1,25 e 2,50 mL, observou-se redução na concentração de N na fase sólida do biofertilizante suíno. No entanto, a utilização do

floculante sulfato de alumínio, nas doses 5,00 e 10,00 mL, proporcionou concentração estatisticamente igual à obtida na testemunha. Na comparação destes resultados com os valores expressos na Tabela 5, observa-se que, com o aumento da dose para 5,00 ou 10,00 mL, ocorreu redução na concentração de P, sendo menor do que o encontrado em cama de suínos. Observou-se o mesmo em relação à concentração de K em ambas as doses, sendo mais acentuado na dose 10,00 mL, em que todos os floculantes apresentaram redução na concentração de K (Tabela 4).

Novamente, a concentração de N é significativamente inferior ($p > 0,05$) à testemunha, com exceção de sulfato de alumínio e a combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio, quando a dose utilizada foi 20,00 mL. Isto demonstra que doses menores que 5,00 mL ou maiores que 10,00 mL de floculante podem interferir significativamente nos teores de N na fase sólida de biofertilizante suíno.

Na dose de 20,00 mL, observa-se também que o floculante hidróxido de cálcio foi superior estatisticamente aos demais, proporcionando as maiores concentrações de Ca e Mg na fase sólida do biofertilizante. Com exceção do sulfato de alumínio, todos os demais floculantes são fonte de Ca e Mg, aumentando a concentração destes elementos em média três vezes, quando comparados à testemunha. Porém, com a utilização de hidróxido de cálcio, obtiveram-se concentrações superiores a quatro vezes a encontrada no biofertilizante *in natura*. Com esta dose, observa-se a maior redução na concentração de P, chegando a $10,5 \text{ g kg}^{-1}$, quando se utiliza o floculante hidróxido de cálcio. Este valor é bastante próximo aos valores obtidos em pesquisas anteriores realizadas com resíduos não-tratados.

Na Tabela 6, encontram-se os resultados médios (em g kg^{-1}) obtidos para os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn na fase sólida do biofertilizante suíno, quando se utilizaram as doses 1,25; 2,50; 5,00; 10,00 e 20,00, respectivamente, em função de cada floculante utilizado. Pode-se perceber que os micronutrientes Fe e Mn apresentaram concentrações estatisticamente iguais à obtida na testemunha, em todos os tipos de floculantes, quando a dose aplicada foi 1,25 mL. Porém, observa-se que as concentrações de Cu e Zn foram reduzidas pela utilização de floculantes, pois os valores obtidos em todos os floculantes foram significativamente inferiores ($p < 0,05$) à testemunha. Com a utilização da dose 2,50 mL, nota-se que Cu e Zn tiveram suas concentrações novamente reduzidas pelos floculantes, sendo estatisticamente inferior à testemunha. Este resultado fica mais evidente quando da utilização das doses 5,00; 10,00 e 20,00 mL.

Tabela 6. Concentração média em g kg⁻¹ de Cu, Zn, Fe e Mn na fase sólida de biofertilizante suíno em função das doses utilizadas de cada floculante.

Micronutrientes (g kg ⁻¹)	Floculantes				Biofertilizante <i>In natura</i> (Test.)	C.V.
	AlSO ₄	Ca(OH) ₂	Calcário	AlSO ₄ + Ca(OH) ₂	Calcário + Ca(OH) ₂	
Dose 1,25 mL						
Cu	0,766 a	0,566 b	0,740 ab	0,628 b	0,602 b	0,918 a
Zn	4,785 ab	0,989 b	1,071 b	0,881 b	1,021 b	12,910 a
Fe	5,700 a	4,366 a	6,756 a	4,626 a	4,584 a	3,616 a
Mn	0,394 a	0,374 a	0,426 a	0,376 a	0,398 a	0,500 a
Dose 2,50 mL						
Cu	0,634 bc	0,470 a bc	0,654 b	0,516 bc	0,452 c	0,918 a
Zn	2,726 b	0,898 b	1,065 b	0,954 b	0,879 b	12,910 a
Fe	4,362 a	3,872 a	5,000 a	4,036 a	3,630 a	3,616 a
Mn	0,298 a	0,322 a	0,041 a	0,328 a	0,306 a	0,500 a
Dose 5,00 mL						
Cu	0,470 bc	0,308 d	0,498 b	0,316 cd	0,306 d	0,918 a
Zn	2,446 b	0,704 b	0,928 b	0,691 b	0,968 b	12,910 a
Fe	3,516 a	2,878 a	3,990 a	2,788 a	2,818 a	3,616 a
Mn	0,200 b	0,238 b	0,334 ab	0,220 b	0,236 b	0,500 a
Dose 10,00 mL						
Cu	0,332 b	0,184 c	0,334 b	0,214 bc	0,214 bc	0,918 a
Zn	2,008 b	0,456 b	0,731 b	0,526 b	0,549 b	12,910 a
Fe	2,090 a	2,332 a	3,144 a	2,318 a	2,424 a	3,616 a
Mn	0,054 c	0,176 bc	0,262 b	0,168 bc	0,192 bc	0,500 a
Dose 20,00 mL						
Cu	0,294 b	0,112 c	0,200 bc	0,132 c	0,120 c	0,918 a
Zn	1,708 b	0,311 b	0,520 b	0,358 b	0,359 b	12,910 a
Fe	1,664 b	1,896 b	2,586 ab	1,784 b	2,002 b	3,616 a
Mn	0,040 c	0,142 bc	0,206 b	0,114 bc	0,150 bc	0,500 a

Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente entre si em nível de 5 %; C.V. – coeficiente de variação.

A elevação da dose para 5,00 mL de floculante proporcionou a redução nas concentrações de Cu, Zn e Mn. Já com a utilização da dose 20,00 mL, todos micronutrientes tiveram suas concentrações reduzidas demonstrando que a utilização de floculantes, com o objetivo de concentrar micronutrientes na fase sólida de biofertilizante suíno, não deve ser realizada com dose superior a 1,25 mL de floculante.

Conclusão

As doses de 10,00 e 20,00 mL dos floculantes proporcionaram a maior redução de nutrientes na fase líquida. Nos macronutrientes, houve redução significativa nas concentrações de N, P e Ca, principalmente quando o floculante utilizado foi a combinação entre calcário dolomítico + hidróxido de cálcio. Para os micronutrientes, os floculantes mais indicados para a diminuição dos íons são o sulfato de alumínio e a combinação entre sulfato de alumínio + hidróxido de cálcio.

Referências

- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 mar. 2005.
- FARIA, A.S.J. *Estudos sobre o tratamento de águas residuais de feculária de mandioca*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- IAPAR-Fundação Instituto Agronômico do Paraná. *Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade*. Londrina: Ipar, 1992. (Circular, 76).
- KONZEN, E.A. et al. *Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho*. Sete Lagoas: Embrapa, 1997. (Circular, 25).
- MENEZES, J.F.S. et al. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. *Rev. Plant. Dir.*, Passo Fundo, v. 12, n. 73, p. 30-35, 2003.
- MENEZES JÚNIOR, F.O.G. et al. Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em "NFT" com soluções nutritivas de origem química e orgânica. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 22, n. 3, p. 632-637, 2004.
- MIRANDA, C.R. et al. *Uso de dejetos de suínos na agricultura*. Concórdia: Embrapa, 1999. (Circular, 11).
- NUNES, M.U.C.; LEAL, M.L.S. Efeitos de aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 19, n. 1, p. 53-59, 2001.
- OLIVEIRA, P.A.V. Programas eficientes de controle de dejetos na suinocultura. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 143.
- PENZ JÚNIOR., A.M.; COUTINHO, T. Efeito da

nutrição na preservação do meio ambiente. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 95.

SILVA, A.P. *Diagnóstico socioeconômico e ambiental: aspectos sobre a sustentabilidade ambiental da bacia hidrográfica dos Frangosos*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina,

Florianópolis, 2000.

WELZ, B. *Atomic absorption spectrometry*. Weinheim: VHC, 1985.

Received on July 23, 2007.

Accepted on December 17, 2007.