



### Projeto de Biodigestor e Estimativa da Produção de Biogás em Sistema de Produção

Paulo Armando V. de Oliveira<sup>1</sup>

O Volume de dejetos líquidos produzido por dia de acordo com o ciclo de produção de suínos, pode ser estimado de acordo com Oliveira et al. (1993), Dartora et al. (1998) e Oliveira (2003), utilizando-se a Tabela 1, abaixo:

O rebanho médio de suínos em Santa Catarina é de 4,8 milhões, sendo que deste efetivo total, 79% concentra-se no Oeste Catarinense. No Estado, 8,3 mil produtores

de suínos controlam 90,87% do efetivo total de animais, possuindo um rebanho de no mínimo 100 suínos em produção comercial. Na Tabela 2, são apresentados, de forma reduzida algumas características recentes da produção de suínos no Estado de Santa Catarina, LAC – Levantamento Agropecuário Catarinense (Instituto Cepa, 2005).

**Tabela 1-** Produção diária de dejetos de suínos de acordo com o sistema de produção (Litros/dia).

Tipo de Sistema de produção	Produção Diária de Dejetos (Litros/Dia)
Ciclo Completo (CC)	85,0
Unidade de Produção de Leitões (UPL)	45,0
Unidade de Crescimento e Terminação (UCT)	7,0

Fonte: OLIVEIRA (1993;2003); DARTORA (1998)

CC – Ciclo Completo, unidade de produção onde existem todas as fase do ciclo produtivo de suínos do nascimento a engorda.

UPL - Unidade de produção de leitões, unidade de produção onde existem somente a fase do ciclo produtivo que compreende os reprodutores, o nascimento dos leitões (maternidade) e crescimento inicial (Creche, peso de 6 a 25kg).

UCT - Unidade de Crescimento e Terminação, unidade de produção de suínos com peso compreendido dos 25 aos 100 kg (podendo em alguns casos chegar aos 120 kg).

<sup>1</sup> Eng. Agrí., PhD. Pesquisador Embrapa Suínos e Aves.

**Tabela 2** - Dados da produção de suínos no Estado de Santa Catarina, LAC (Levantamento Agropecuário Catarinense, 2005).

<b>Plantel e numero de Suinocultores segundo ciclo produtivo – SC</b>			
<b>Tipo de Produção</b>	<b>N. de Suinocultores</b>	<b>Plantel Efetivo de Animais</b>	<b>(%)</b>
UPL – Produtor de leitões	3.793	1.464.949	40,49
UCT – Terminador	2.926	1.311.608	31,24
CC – Ciclo Completo	2.585	852.678	27,60
Produtor de Reprodutores	63	38.780	0,67
<b>Total</b>	<b>9.367</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>
<b>Suinocultores com 5 ou mais matrizes segundo a condição do Produtor-SC</b>			
<b>Condição do Produtor</b>	<b>N. de Suinocultores</b>	<b>(%)</b>	
Integrado da industria	3.941	42,09	
Parceiro	1.928	20,59	
Produtor autônomo	2.430	25,95	
Integração Particular	1.065	11,37	
<b>Total</b>	<b>9.364</b>	<b>100,00</b>	
<b>Estratificação do Plantel de Suínos em Santa Catarina – SC</b>			
<b>Estratificação da produção</b>	<b>N. Efetivo de Suínos</b>	<b>(%)</b>	
101 a 500 animais	1.555.825	32,45	
501 a 1.000 animais	1.156.694	24,13	
Mais de 1.000 animais	1.643.747	34,29	
<b>Total</b>	<b>4.356.266</b>	<b>90,87</b>	

Fonte: INSTITUTO CEPA (2005).

Na Tabela 3, é mostrada a caracterização geral da produção de suínos obtida de levantamento realizado em 16 municípios do Oeste Catarinense no ano de 2003, **Consórcio Lambari**. O Consórcio Lambari é o nome fantasia de um consórcio Intermunicipal de Gestão Ambiental Participativa do Alto Uruguai Catarinense, envolvendo 16 municípios pertencentes a AMAUC (Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense).

### Projeto de Biodigestor

Tendo como base as informações acima, desenvolveu-se o projeto de dois biodigestores, com capacidade para o armazenamento de um volume de biomassa de 100 e de 300m<sup>3</sup>. O objetivo da escolha destes biodigestores é de atingir o maior numero possível de produtores de suínos.

**Tabela 3** – Distribuição da produção de suínos, em diferentes sistemas de produção, obtida de levantamento realizado em 16 municípios do Alto Uruguai Catarinense, no ano de 2003 (Consórcio Lambari).

<b>Variável</b>	<b>N. Propriedades</b>	<b>% do total</b>	<b>Média</b>
Numero Total de suínos	<b>3.821</b>	<b>100,0</b>	<b>428,5</b>
UPL – Produtor de leitões	1.375	36,0	79,0
UCT – Terminador	1.665	43,6	420,0
CC – Ciclo Completo	865	22,6	41,0

Fonte: PILLON et al., 2003.

A capacidade de carga para os biodigestores projetados, pode ser estimada considerando-se o Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) adotado nos projetos (OLIVEIRA & OTSUBO, 2002), evidentemente existem outras maneiras de projetarmos os biodigestores, mas para uma estimativa expedita podemos utilizar o TRH, pois pode-se considerar uma margem de erro pequena.

O TRH adotado no Brasil, por varias empresas de projetos de biodigestores, situa-se entre 22 e 30 dias. Tomando-se como base os dois TRHs citados pode-se estimar o volume de abastecimento diário, de dejetos de suínos, para o biodigestor com 100m<sup>3</sup> e TRH variando entre 22 e 30 dias, será de 4,55 e 3,33m<sup>3</sup>, respectivamente, e para o biodigestor de 300m<sup>3</sup> será de 13,64m<sup>3</sup> e 10,00m<sup>3</sup>, respectivamente. Sendo assim, pode-se estimar o numero de animais necessário para, atender a demanda de volume diária de dejetos, para cada modelo de biodigestor (100 e 300m<sup>3</sup>) em função do ciclo produtivo e dos diferentes TRHs escolhidos (22 e 30 dias), o de animais calculado é apresentado na Tabela 4.

Analisando-se as Tabelas 2, 3 e 4, acima, pode-se concluir que os volumes escolhidos de para os biodigestores (100 e 300m<sup>3</sup>), atingem mais de 70% da totalidade dos produtores de suínos existentes em Santa Catarina.

A característica da produção de suínos nas regiões Oeste do Paraná e no Rio

Grande do Sul, se assemelham a Santa Catarina, então pode-se, também, concluir que os dois volumes escolhidos para os biodigestores são capazes de atender as necessidades da maioria dos produtores nos três Estados do Sul.

### Estimativa da produção de Biogás

A produção de biogás é estimada, entre outros fatores, pela temperatura de operação do biodigestor, sendo que nos Estados do Sul a faixa de temperatura da biomassa observada situa-se entre 20 e 25°C (Oliveira, 1983; Oliveira, 2005), entretanto para os Estados situados no centro do país a temperatura da biomassa situa-se acima dos 25°C podendo atingir à 35°C. Sendo assim, pode-se considerar que as bactérias predominantes na digestão anaeróbia, que ocorre no biodigestor, são predominantemente as mesofílicas, cuja faixa de temperatura situa-se entre 20 e 45°C.

Outro fator a ser considerado, na estimativa da produção de biogás, é a diluição dos dejetos em função do desperdício de água utilizado na limpeza das baias dos animais, pelos vazamentos existentes nas redes hidráulicas e nos bebedouros, pela entrada de água da chuva nos canais de manejo dos dejetos e pelo uso da lâmina d'água em alguns sistemas de produção (Scherer & Baldissera, 1996; Oliveira, 2004).

**Tabela 4** – Numero de suínos necessário em produção, para atender a demanda diária de dejetos de suínos, para alimentação de biodigestores com volumes de biomassa de 100 e 300m<sup>3</sup>.

Volume de biomassa no Biodigestor (100 e 300 m <sup>3</sup> )	Ciclo Completo (CC)	Unidade de Produção de Leitões (UPL)	Unidade de Crescimento e Terminação (UCT)
<b>Produção Diária de Dejetos (Litros/Dia)</b>	<b>85,0</b>	<b>45,0</b>	<b>7,0</b>
<i>Numero de Suínos</i>	<b>Matrizes</b>	<b>Matrizes</b>	<b>Animais</b>
TRH 22-Biodigestor - 100 (4,55 m <sup>3</sup> )	54	101	650
TRH 30-Biodigestor - 100 (3,33 m <sup>3</sup> )	40	74	476
TRH 22- Biodigestor- 300 (13,64 m <sup>3</sup> )	161	303	1.949
TRH 30- Biodigestor- 300 (10,00 m <sup>3</sup> )	118	222	1.429

O grau de diluição, dos dejetos, pode ser determinado pela observação da Matéria Seca (MS) e/ou Sólidos Totais (ST) presentes nos dejetos, sendo que os Sólidos Voláteis (SV), que são os substratos para as bactérias metanogênicas, representam entre 70 a 75% dos Sólidos Totais, para o caso dos dejetos dos suínos. Os SV, são os responsáveis diretos pela produção de biogás (LUCAS JUNIOR, 1994; LA FARGE, 1995; CCE, 2000). Sendo que, quanto maior for sua concentração de Sólidos Voláteis na alimentação diária do biodigestor ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), maior será a capacidade do biodigestor de produção de biogás.

Observações realizadas por SCHERER & BALDISSERA (1996), em 80 propriedades produtoras de suínos, no Oeste Catarinense, determinou que o valor médio dos Sólidos Totais observado foi de 3%, em função do desperdício de água existente nas propriedades. Na Tabela 5, pode-se observar as variações da Matéria Seca (MS), Nitrogênio Total (Ntot.) , Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e Potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), em função da densidade observada para os dejetos de suínos.

Em propriedades produtoras de suínos com elevado desperdício de água e uso constante de lamina d'água, tem-se observado que a ST (%) é menor que 1,5 ou 15 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (OLIVEIRA, 2004). Convém lembrar que, os SV, podem serem estimados, pois eles representam entre 70 a 75% dos Sólidos Totais (CCE, 2000).

A produção de biogás, em biodigestores Modelo Canadense, como é o caso da maior parte dos modelos existente

no Brasil, pode ser estimada em função da alimentação diária de Sólidos Voláteis (SV), pois para o caso da produção de suínos, a produção específica de biogás é de  $0,45\text{m}^3/\text{kg}$  de SV, para temperaturas da biomassa variando entre 30 e  $35^\circ\text{C}$  (LA FARGE, 1995; CCE, 2000).

O uso do modelo matemático desenvolvido por CHEN (1983), citado por LA FARGE (1995), para estimar a produção de biogás, tem sido empregado com sucesso, principalmente porque o número de variáveis exigidas para alimentar o modelo (SV, TRH, Temperatura, Volume de Biomassa, Volume de dejetos e Número de animais) é baixo e de fácil obtenção, sendo que o modelo considera a temperatura de operação da biomassa no biodigestor.

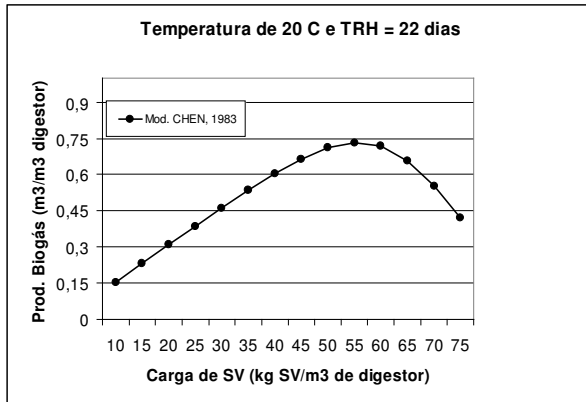
Nesse trabalho, escolheu-se o modelo de CHEN (1983), para estimar a produção de biogás, tendo em vista que o mesmo tem sido usado com sucesso por diferentes pesquisadores, segundo LA FARGE (1995). Para a alimentação do modelo usou-se os dados citados acima, tanto para o volume do biodigestor como para as características qualitativas dos dejetos de suínos. O Modelo, citado, gerou as curvas de produção específica de biogás (Figuras de 1 a 4), para as diferentes alimentações do biodigestor com dejetos de suínos (Sólidos Voláteis (SV) variando de 10 à  $75\text{ kg}/\text{m}^3$ ), usando-se diferentes TRHs (22 e 30 dias) e temperaturas da biomassa no interior do biodigestor de 20 e  $35^\circ\text{C}$ .

**Tabela 5** - Estimativa dos teores da MS, Ntot.,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , nos dejetos de suínos em função da sua densidade.

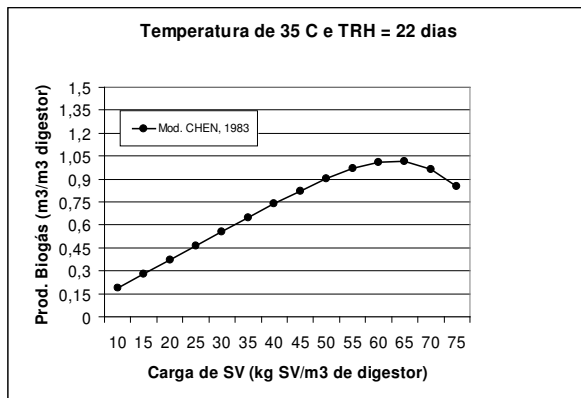
Densidade ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Matéria Seca MS - (%)	Ntot.	$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$\text{K}_2\text{O}$
1008	1,24	1,60	1,14	1,00
1012	2,14	2,21	1,75	1,25
1016	3,04	2,83	2,37	1,50
1020	3,93	3,44	2,99	1,75
1024	4,83	4,06	3,60	2,00
1028	5,73	4,67	4,22	2,25
1032	6,63	5,28	4,84	2,50
1040	8,42	6,51	6,07	3,00

Fonte: Scherer et al. (1996).

Nas Fig. 1 e 2, observa-se a curva gerada para a produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV kg/m<sup>3</sup>), para TRH de 22 dias e temperatura da biomassa de 20 e 35°C.



**Fig. 1** - Produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para um TRH de 22 dias e temperatura da biomassa de 20°C.

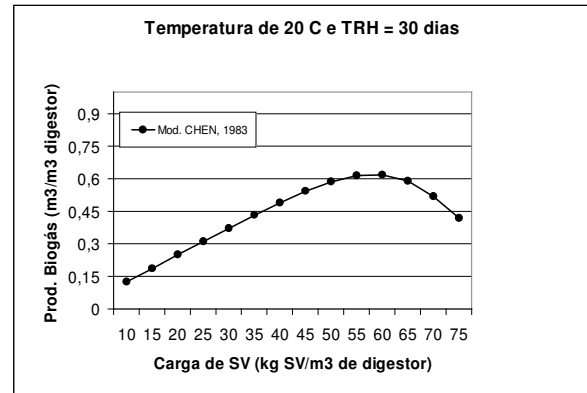


**Fig. 2** - Produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para um TRH de 22 dias e temperatura da biomassa de 35°C.

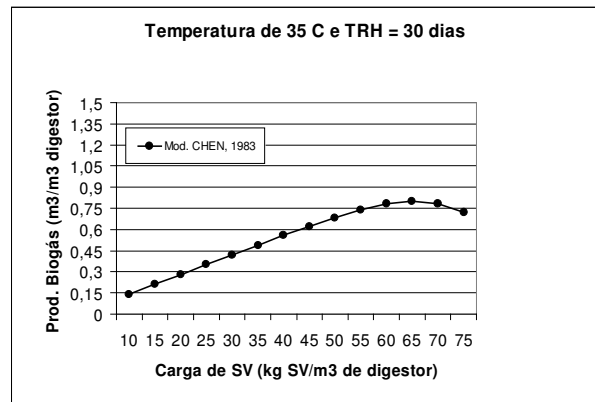
Analisando as Fig. 1 e 2, pode-se observar que o aumento da temperatura da biomassa no interior do biodigestor de 20°C para 35°C, provocou um aumento de 30% na produção de biogás, passando de 0,70 para 1 m<sup>3</sup> para cada m<sup>3</sup> de biomassa existente no biodigestor. O modelo matemático de simulação, desenvolvido por CHEN (1983), também determina os limites de alimentação diária do biodigestor, que neste caso, situa-se entre 55 e 65 kg de SV por m<sup>3</sup> de biomassa para temperaturas da

biomassa, entre 20 e 35 C° e TRH de 22 dias.

Nas Fig. 3 e 4, observa-se a curva gerada de produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para TRH de 30 dias e temperatura da biomassa de 20 e 35°C.



**Fig. 3** - Produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para um TRH de 30 dias e temperatura da biomassa de 20°C.



**Fig. 4** - Produção específica de biogás em função de diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para um TRH de 30 dias e temperatura da biomassa de 35°C.

Analisando as Figuras 3 e 4, pode-se observar que o aumento da temperatura da biomassa no interior do biodigestor de 20°C para 35°C, provocou um aumento de 20% na produção de biogás, passando de 0,60 para 0,75m<sup>3</sup> para cada m<sup>3</sup> de biomassa existente no biodigestor.

O modelo matemático de simulação, desenvolvido por CHEN (1983), também determina os limites de alimentação diária do biodigestor, que neste caso, situa-se entre 55 e 65 kg de SV por m<sup>3</sup> de biomassa para temperaturas da biomassa entre 20 e 35°C com TRH de 30 dias.

Observando-se as Figuras 1,2,3 e 4, pode-se afirmar que para aumentar a produção diária de biogás, instalado em um sistema de produção de suínos, deve-se aumentar a carga de alimentação diária de Sólidos Voláteis para níveis entre 55 e 65 kg por m<sup>3</sup> de biomassa existente no biodigestor, reduzir o Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) para 22 dias e aumentar a temperatura da biomassa para 35°C.

Usando-se os dados, gerados pelo modelo nas diferentes situações e apresentados nas Figuras acima, pode-se estimar a produção diária de biogás (m<sup>3</sup>), para os biodigestores projetados com volumes da biomassa de 100 e 300m<sup>3</sup>, para as temperaturas de biomassa de 20 e 35°C e TRHs de 22 e 30 dias, considerando-se as diferentes diluições de Sólidos Voláteis (SV), presentes nos dejetos de suínos. Com os dados gerados, construiu-se a Tabela 6, que apresenta a estimativa da produção de biogás, em função de temperatura e TRH, para volumes de biomassa no biodigestor de 100 e 300m<sup>3</sup>.

**Tabela 6** - Apresenta a estimativa diária de produção de biogás (m<sup>3</sup>), para diferentes cargas de alimentação do biodigestor (SV; kg/m<sup>3</sup>), para diferentes temperaturas da biomassa (20 e 35°C) e diferentes TRHs (22 e 30 dias), para volumes de biomassa no biodigestor de 100 e 300m<sup>3</sup>.

Concentração Sólidos Voláteis	Baixa		Média		Alta		
	SV – dividir por 10 obtém-se a diluição em (%)						
SV (kg/m <sup>3</sup> )	15	25	35	45	55	65	75
Produção diária de Biogás (m <sup>3</sup> )							
Biodigestor (m <sup>3</sup> )	Temperatura de 20 °C e TRH de 22 dias						
	100	23	35	50	62	65	62
100	Temperatura de 35 °C e TRH de 22 dias						
	30	45	62	79	95	100	81
100	Temperatura de 20 °C e TRH de 30 dias						
	22	31	42	52	61	57	43
100	Temperatura de 35 °C e TRH de 30 dias						
	23	35	49	61	72	76	70
300	Temperatura de 20 °C e TRH de 22 dias						
	69	105	150	186	195	186	126
300	Temperatura de 35 °C e TRH de 22 dias						
	90	135	186	237	285	300	243
300	Temperatura de 20 °C e TRH de 30 dias						
	66	93	126	156	183	173	129
300	Temperatura de 35 °C e TRH de 30 dias						
	69	105	147	183	216	228	210

## Conclusão

O projeto de biodigestores com volumes de 100 e 300 m<sup>3</sup> de biomassa é capaz de atender a um grande número de pequenos e médios suinocultores dos Estados do Sul do Brasil.

A produção diária de biogás, estimada para os volumes de biomassa de 100 e 300m<sup>3</sup>, pode variar entre 23 a 300m<sup>3</sup> de biogás, em função da temperatura, da carga de Sólidos Voláteis de alimentação diária e do Tempo de Retenção Hidráulica adotado no projeto (Tabela 6).

Recomenda-se que a alimentação diária de Sólidos Voláteis, no biodigestor, para uma maior produção de biogás esteja compreendida entre 55 à 65 kg/m<sup>3</sup>.

Recomenda-se para uma produção mais elevada de biogás e maior eficiência de redução da carga orgânica dos dejetos de suínos, que a temperatura da biomassa no interior do biodigestor seja mantida entre 35 e 40°C.

## Referências Bibliográficas

CCE- Centro para a Conservação de Energia. **Guia Técnico de Biogás**. AGEEN – Agência para a Energia, Amadora, Portugal, 2000. 117 p.

DARTORA, V.; PERDOMO, C.C.; TUMELEIRO, I.L. **Manejo dos dejetos de suínos**, Boletim Técnico Informativo de Pesquisa, Embrapa Suínos e Aves / EMATER-RS. Impresso EMATER-RS, Porto Alegre, 1998. 41 p.

INSTITUTO CEPA. **Elaboração do Levantamento Agropecuário Catarinense - LAC**. Instituto Cepa, Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural, Florianópolis, SC, 2005. 40 p.

LA FARGE, B. de. **Le biogaz: procédés de fermentation méthanique**. Paris: Masson, 1995. 237p.

LUCAS JUNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 113f. Tese (Livre Docência), UNESP, Jaboticabal.

OLIVEIRA, P.A.V. de. Influência da temperatura na produção de biogás. In: **I REUNIÃO SOBRE A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA**, Santa Maria, RS. 1983. Anais... Santa Maria, UFSM, 1983. p.32-38.

OLIVEIRA, P.A.V. Modelo matemático para estimar a evaporação d'água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering**, v.23, n.3, p.398-626, set/dez 2003.

OLIVEIRA, P.A.V. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. **EMBRAPA-CNPISA. Documentos, 27, 1993**. 188 p.

OLIVEIRA, P.A.V. de, OTSUBO, C.S. Sistema simples para produção de biogás com o uso de resíduos de suínos e aves. **Gerenciamento Ambiental**, v.4, n.19, p.12-15, 2002.

OLIVEIRA, P.A.V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas praticas**. Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA II. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, 2004. 109 p.

OLIVEIRA, P.A.V., HIGARASHI, M.M., Matei, R.M.; Mendes, G.L. Uso dos resíduos de sistema de crescimento e terminação de suínos para a produção de biogás. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINARIOS ESPECIALISTAS EM SUINOS**, ABRAVES, 12., 2005, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza, 2005. p.512-513.

PILLON, C.N., MIRANDA, C.R., GUIDONI, A.L., COLDEBELLA, A., PEREIRA, R.K. Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do Consórcio Lambari, SC: relatório preliminar. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 2003, 33 p.. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos 84).

SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis: EPAGRI, 1996, 46 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 79).

## Comunicado Técnico, 417

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves  
Endereço: Br 153, Km 110,  
Vila Tamanduá, Caixa postal 21,  
89700-000, Concórdia, SC  
Fone: 49 3441 0400  
Fax: 49 3442 8559  
E-mail: sac@cnpsa.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2005): tiragem: 100

## Comitê de Publicações

**Presidente:** Jerônimo Antônio Fávero  
**Membros:** Cláudio Bellaver, Cícero Juliano Monticelli, Gerson Neudi Scheuermann, Airton Kunz, Valéria Maria Nascimento Abreu.  
**Suplente:** Arlei Coldebella

## Revisores Técnicos

Cícero J. Monticelli, Martha M. Higarashi  
Airton Kunz

## Expediente

**Supervisão editorial:** Tânia Maria Biavatti Celant.  
**Editoração eletrônica:** Simone Colombo.  
**Normalização bibliográfica:** Irene Z. P. Camera.  
**Foto Capa:** Paulo A. V. de Oliveira.