



IMPACTO ECONÔMICO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES DE BIODIGESTORES

MARCELO MIELE¹; AIRTON KUNZ²; JULIANO CORULLI CORRÊA³, MARCELO BORTOLI⁴, RICARDO STEINMETZ⁵

¹ Economista, Pesquisador, Dr., Embrapa Suínos e Aves, Concórdia SC, marcelo@cnpsa.embrapa.br.

² Químico Industrial, Pesquisador, Dr., Embrapa Suínos e Aves, Concórdia SC.

³ Eng^o Agrônomo, Pesquisador, Dr., Embrapa Suínos e Aves, Concórdia SC.

⁴ Eng^o Ambiental, Doutorando, MSc., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

⁵ Químico Industrial, Analista, MSc., Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC.

Apresentado no
XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011
24 a 28 de julho de 2011 - Cuiabá-MT, Brasil

RESUMO: O objetivo deste estudo foi realizar análise prospectiva do impacto econômico de um sistema de tratamento do efluente líquido do biodigestor. O sistema desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves é composto por um módulo de remoção de N e outro de P, podendo ser acoplado ao biodigestor, tecnologia amplamente difundida no Brasil. Os biodigestores não reduzem a carga de nutrientes (NPK) podendo poluir os recursos hídricos e exigindo elevados gastos com transporte do efluente líquido. Utilizou-se o Valor Presente Líquido (VPL) como critério de análise, com base no desempenho do protótipo, preços e análises das águas residuárias. O módulo N reduz em mais de dez vezes a área necessária para aplicação dos efluentes. O módulo P atinge padrão de lançamento em corpos d'água e disponibiliza este nutriente como fertilizante. O sistema tem impacto significativo nos custos de produção, o que pode ser reduzido em granjas que geram eletricidade a partir da biomassa. Elevados custos de distribuição dos efluentes tornam o tratamento mais atrativo. Conclui-se que esta é uma tecnologia promissora mas há a necessidade de apoio financeiro para a implementação de um protótipo em escala real afim de replicá-la.

PALAVRAS-CHAVE: águas residuárias, tratamento, suínocultura.

ALTERNATIVES FOR BIODIGESTOR EFFLUENT TREATMENT: ECONOMIC IMPACT

ABSTRACT: The aim of this study was to present a prospective economic impact assessment of a biodigestor liquid effluent treatment system. This system developed by Embrapa Swine and Poultry is composed by a N removal module and a P one, which can be attached to a biodigestor, technology widely diffused in Brazil. Biodigestors do not remove nutrients (NPK) with high pollution potential of water resources and demanding high effluent transport costs. The analysis was based on Net Present Value (NPV) technique, using prototype performance information, market prices and wastewater analysis.

The N module reduces more than ten times the surface needed to spread effluents. The P module attains the standard for discharge in water resources and makes this element available as fertilizer. The system has a significant impact on swine production costs, what can be reduced in farms which produces its own energy from manure. High effluent distribution costs also turn treatment more attractive. The study concludes that this is a promising technology which has to be validated. Financial support is needed to implement a real scale prototype to validate it.

KEYWORDS: treatment, swine production, wastewater.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de tratamento que vem se difundindo de forma mais intensa na suinocultura industrial brasileira é o biodigestor, com o uso do biogás para gerar energia, a obtenção de créditos de carbono e a aplicação dos efluentes como fertilizantes do solo. Entretanto, os biodigestores e outros sistemas anaeróbios apresentam limitações, sendo uma solução parcial ao problema, tendo em vista que não removem nutrientes dos efluentes, não reduzindo a área necessária. Os sistemas de tratamento de dejetos são alternativas que vêm sendo estudadas para atender a concentração da atividade suinícola e o aumento da escala. Estes sistemas produzem um efluente de melhor qualidade, com a possibilidade de reuso na propriedade, diminuindo-se a pressão sobre os recursos hídricos, dentro do conceito de tecnologias limpas. Outra alternativa tecnológica é a compostagem de dejetos, que permite a evaporação da água e a sua transformação em resíduos sólidos, não reduzindo a necessidade de áreas, mas os custos de transporte e exportação de nutrientes. O objetivo deste estudo foi realizar análise prospectiva do impacto econômico de um sistema de tratamento do efluente líquido do biodigestor denominado SISTRATES (Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura). Este processo foi desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves e visa reduzir o impacto ambiental das águas residuárias da suinocultura pela remoção conjunta de carbono, nitrogênio e fósforo. O processo baseia-se na separação física para remoção de sólidos grosseiros e partículas discretas seguida da biodigestão anaeróbia, remoção biológica de nitrogênio por nitrificação e desnitrificação, e precipitação química de fósforo. O SISTRATES pode ser aplicado de maneira modular e adicional, de acordo com as necessidades de tratamento (módulo BIO + módulo N + módulo P). A tecnologia permite obter um alto nível de tratabilidade das águas residuárias da suinocultura possibilitando o reuso nas instalações ou na agricultura, com redução do impacto ambiental, redução da área necessária para disposição e, quando necessário, o lançamento em corpos receptores. A geração de biogás obtida no módulo BIO pode ser utilizada como fonte de calor ou energia elétrica, reduzindo o requisito energético externo ao sistema produtivo. O fósforo extraído é de alta pureza e apresenta um bom valor fertilizante. O SISTRATES teve sua patente depositada em fevereiro de 2011 no INPI, como PI (Pedido de Invenção), sobre o Protocolo nº 012110000133.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o Valor Presente Líquido (VPL) como critério para a presente análise de viabilidade econômica (GALESNE et al., 1999). A análise prospectiva compara dois

processos de tratamento de dejetos da suinocultura, quais sejam, os biodigestores, tecnologia amplamente difundida na suinocultura brasileira e o SISTRATES. O tamanho da granja, de 4.000 matrizes em Unidade de Produção de Leitões (UPL), foi definido com base nas tendências de aumento da escala e especialização observadas na última década. Como uma parcela significativa dos médios e grandes suinocultores tem limitação de área agrícola, considerou-se dois tipos de estabelecimentos agropecuários, quais sejam: aqueles que dispõem da totalidade da área agrícola necessária para absorver os dejetos (889 ha) e aqueles que dispõem apenas de 50% da área agrícola necessária (445 ha). Os cálculos para a área agrícola necessária basearam-se no balanço de N, para a cultura do milho, com 140 kg de N/ha. Além disso, considerou-se uma situação na qual o entorno do estabelecimento absorve os excedentes sem custos para o suinocultor e outra na qual este tem de pagar para que terceiros retirem o seu excedente de nutrientes. Os cálculos para os biodigestores e geradores de energia elétrica a partir do biogás basearam-se no desempenho observado a campo e declarado por fornecedores de equipamentos. Os cálculos para o SISTRATES foram estimados com base no desempenho de protótipos em laboratório (KUNZ et al.; 2009; VIVAN et al.; 2010; BORTOLI, KUNZ, SOARES; 2011). O valor fertilizante baseou-se em análises de laboratório. Foram estabelecidos dois cenários para os preços, quais sejam, o primeiro que corresponde à situação atual (média entre fev./2007 e fev./2011, atualizados pelo IGP-DI) e o segundo que corresponde à crise mundial dos alimentos em 2008, que elevou os preços dos fertilizantes (média entre mai./2008 e mai./2009, atualizados pelo IGP-DI). Os preços foram obtidos no Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola - Epagri/Cepa de Santa Catarina (<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>) e em consultas a campo. As despesas foram calculadas a partir do consumo de mão de obra e insumos e seus preços de mercado. A análise estimou dois tipos de receitas. Em primeiro lugar, a redução das despesas pelo uso de subprodutos como a aplicação de dejetos no solo (pelo valor fertilizante de N, P e K) e a geração de energia elétrica para uso no estabelecimento agropecuário (apenas o consumo da granja, não considerou o consumo da fábrica de ração porque não são todos os estabelecimentos que realizam esta etapa do processo produtivo). Em segundo lugar, as receitas potenciais em si, ou seja, a venda de energia elétrica para concessionárias (geração distribuída), a obtenção de créditos de carbono através de projetos de MDL e a venda de fosfato de cálcio (CaHPO_4). O custo de oportunidade considerado foi de 6% ao ano, e a duração do projeto foi estipulada em 156 meses (não foi considerada a necessidade de reposição de equipamentos com vida útil inferior a este período).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O investimento necessário para implementar o SISTRATES na escala definida neste estudo representa um acréscimo de 3% em relação ao investimento necessário para a implementação de um biodigestor com gerador de energia (Tabela 1). Isso ocorre pela redução da dimensão dos reatores nos módulos de N e P, bem como pelo fato de não haver necessidade de lagoas de armazenagem do efluente líquido. Estimou-se a vida útil média de 13 anos, com 10% de valor residual.

TABELA 1. Investimento inicial (R\$).

Item	Biodigestor	SISTRATES
Biodigestor (3 x 2.024 m ³)	449.537	449.537
Lagoa de armazenagem (18.216 m ³)	194.365	0
Módulo de remoção de N (728 m ³)	0	183.854
Módulo de remoção de P (91 m ³)	0	43.418
Gerador de energia (2 x 90 kVA)	254.207	254.207
Caixa de vazão, peneiras, automatização e infraestrutura	107.600	107.600
Total	1.005.709	1.038.617

O SISTRATES reduz a necessidade de área agricultável em 92%, de 889 ha para 71 ha, sendo que seu efluente final (saída do módulo P) atinge padrão de lançamento nos corpos hídricos (Tabela 2 e Figura 1). Do ponto de vista da disponibilidade de N e P para uso na lavoura própria do suinocultor, deve-se considerar a disponibilidade de área agricultável. Em estabelecimentos rurais com até 25% desta área (ou 225 ha para 4.000 matrizes em UPL), a disponibilização de nutrientes (volume de N + P) através do uso de biodigestores é menor do que através do uso do SISTRATES, apesar deste ser um sistema de tratamento. Nestas situações (área disponível de até 25% da área agricultável necessária), estima-se uma perda de N (-74%), mas um ganho em P (+121%), devido ao fosfato de cálcio no lodo do módulo P, o qual pode ser comercializado e transportado a maiores distâncias (Figura 2). Em estabelecimentos com mais de 25% da área necessária, a disponibilização de nutrientes (N + P) para as lavouras próprias do suinocultor é superior à do SISTRATES devido à remoção do N. O mesmo se aplica caso se considere as lavouras de agricultores vizinhos que adquirem o excedente de efluente líquido do biodigestor.

TABELA 2. Desempenho dos sistemas.

Variável	Módulo dos sistemas	Biodigestor	SISTRATES
Volumes (m ³ /mês)	Volume de dejetos	5.520	5.520
	Efluente do biodigestor	5.323	5.323
	Efluente do SISTRATES		4.046
Concentração de Nt (kg/m ³)	Lodo da peneira	3,1	3,1
	Lodo biodigestor	4,8	4,8
	Saída do biodigestor (efluente)	1,8	
	Lodo do módulo N		0,1
	Lodo do módulo P		0,0
Concentração de Pt (kg/m ³)	Saída do módulo P (efluente)		0,0
	Lodo da peneira	7,0	7,0
	Lodo biodigestor	5,1	5,1
	Saída do biodigestor (efluente)	0,6	
	Lodo do módulo N		0,3
	Lodo do módulo P		3,1
	Saída do módulo P (efluente)		0,0

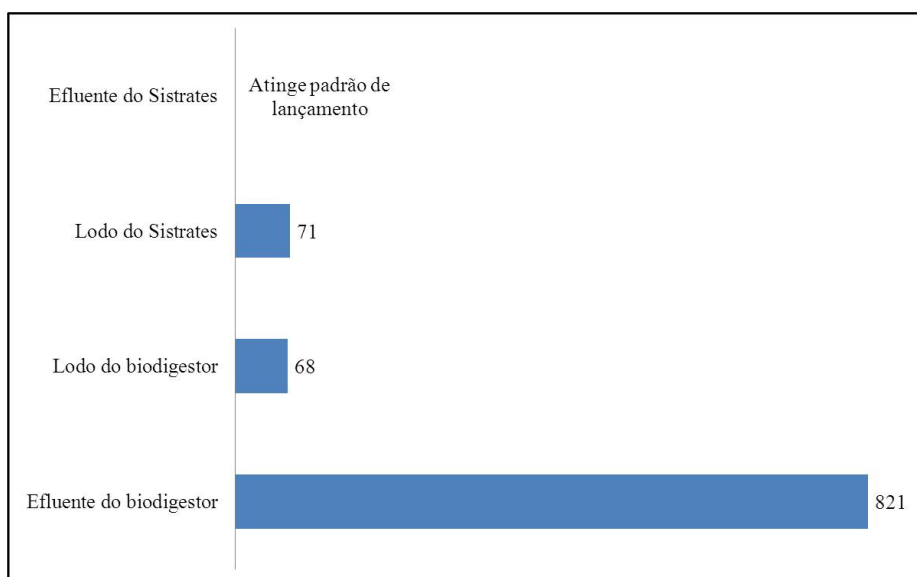


FIGURA 1. Área agrícola necessária (ha), baseada no balanço de N, para a cultura do milho.

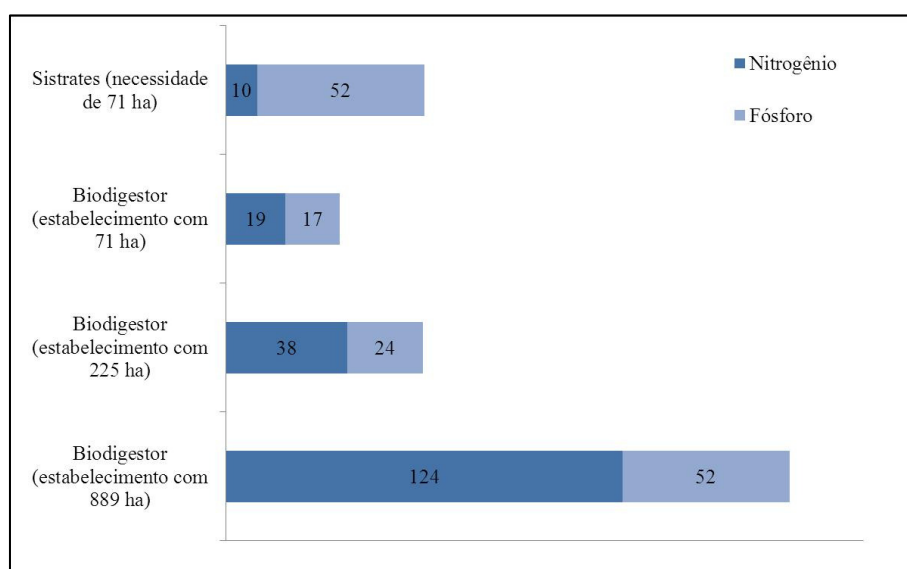


FIGURA 2. Disponibilidade de N e P para o estabelecimento suinícola (t/ano).

Para chegar a este desempenho, o SISTRATES utiliza insumos químicos desnecessários nos biodigestores (hidróxido de cálcio) e reduz em 49% a disponibilidade de energia elétrica gerada pelo biogás. Mesmo assim, há uma geração líquida de energia (geração total – consumo do sistema), que atende 82% da energia demandada pela granja. Ao contrário do biodigestor, não há excedente de energia elétrica para ser vendida às distribuidoras (Figura 3).

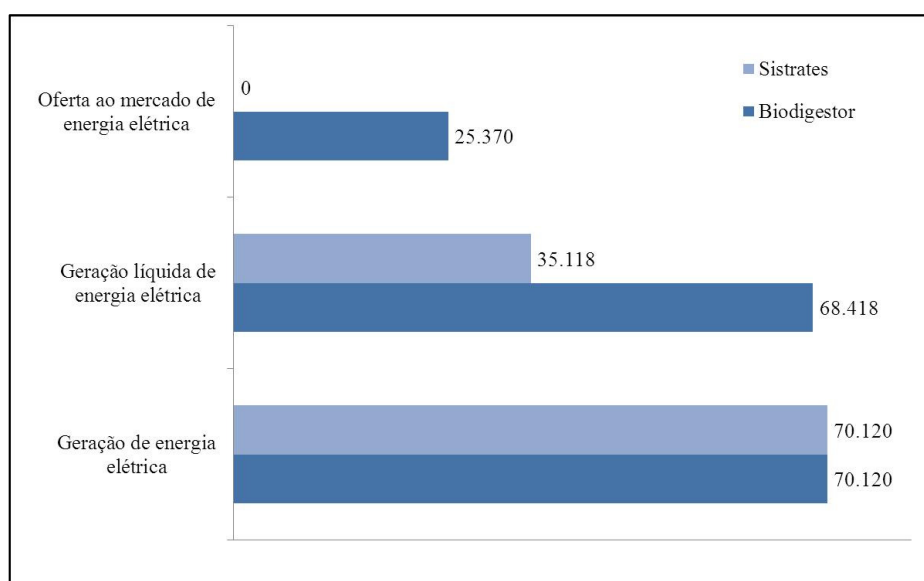


FIGURA 3. Geração total e líquida de energia elétrica e oferta ao mercado (kWh/mês).

As estimativas de despesas refletem o maior uso de energia elétrica e insumos químicos do SISTRATES. Por outro lado, apontam uma das suas principais vantagens, que é a redução substancial das despesas com distribuição do efluente líquido nas lavouras, ou sua exportação para outros estabelecimentos (Tabelas 3 e 5). As despesas com distribuição em lavouras próprias crescem à medida que aumenta a área agrícola disponível, sendo que estabelecimentos suínícolas com mais de 50% desta área apresentam despesas maiores do que as despesas do SISTRATES (Tabela 5). Os suinocultores que têm limitação de área devem exportar o excedente de nutrientes. As despesas com remoção de nutrientes são pequenas ou nulas nas regiões onde os estabelecimentos vizinhos ao suinocultor têm predisposição em retirar este excedente sem ônus (ou seja, beneficiam-se do valor fertilizante, mas arcam com o custo de retirada e aplicação em suas lavouras). Entretanto, deve-se considerar que a retirada do excedente gera despesas em regiões nas quais os vizinhos também são suinocultores ou nas quais há restrição por parte dos agricultores em substituir a adubação química. Nestes casos, as despesas do SISTRATES são menores do que com o biodigestor (Tabela 5).

TABELA 3. Uso mensal dos principais insumos e fatores de produção e preços utilizados.

Itens	Unidade	Biodigestor	Sistrates	Preço (R\$/Unid.)
Energia elétrica*	kWh/mês	1.702	35.002	0,13
Mão-de-obra**	Pessoas	2	2	1.047
Hidróxido de cálcio (Ca(OH) ₂)	kg/mês	0	6.600	0,42
Distribuição do lodo da peneira	t/mês	97	97	15,50
Distribuição do lodo (bio + módulo N)	h/mês	3	10	76,80
Distribuição do efluente líquido***	h/mês	142 a 308	0	76,80
Retirada do efluente excedente	m ³ /mês	conforme área	0	0,77

* Custo de oportunidade pela venda de energia às concessionárias (geração distribuída).

** Inclui salário, encargos sociais e provisões.

*** Para distâncias de 1 km e 8 km, respectivamente.

Os sistemas analisados apresentam dois tipos de benefícios econômicos, quais sejam, a redução de despesas e a geração de receitas. A redução de despesas ocorre através da geração de energia elétrica para a granja ou através do valor fertilizante do lodo e do efluente líquido. Em ambos os casos, o SISTRATES apresenta menor potencial para reduzir despesas porque disponibiliza um menor excedente de energia elétrica e remove o N do efluente líquido do biodigestor (Tabela 4 e Figuras 2 e 3). A geração de receitas potenciais ocorre através da venda de subprodutos como a energia elétrica (geração distribuída), os créditos de carbono e o lodo do módulo P do SISTRATES (fosfato de cálcio), que possui alto valor de mercado e pode ser transportado a grandes distâncias (Tabela 4). O SISTRATES apresenta o mesmo potencial para gerar receitas do que os biodigestores porque compensa a perda de receita com a venda de energia elétrica, com a venda de fosfato de cálcio (Tabelas 4 e 5).

TABELA 4. Geração mensal de subprodutos e preços utilizados.

Itens	Unidade	Biodigestor	Sistrates	Preço (R\$/Unid.)	
				Cenário atual	Crise
Substituição de energia elétrica	KWh	43.048	35.118	0,28	0,28
Venda de energia elétrica*	KWh	25.370	0	0,13	0,13
Lodo da peneira	t/mês	97	97	28,71	39,55
Lodo do biodigestor	m ³ /mês	109	109	31,47	42,31
Efluente líquido do biodigestor	m ³ /mês	5.323	0	8,41	10,94
Lodo do módulo N	m ³ /mês	0	266	1,44	1,97
Fosfato de cálcio (CaHPO ₄)	t/mês	0	3,1	4.805	6.873
Créditos de carbono**	t CO ₂ /mês	267	267	37,09	37,09

* Venda de energia às concessionárias (geração distribuída).

** A participação do suinocultor depende do contrato com a empresa certificadora. No presente estudo, utilizou-se 33% deste valor.

A Entrada Líquida de Caixa (ELC) com o SISTRATES é positiva, mas inferior à ELC dos biodigestores em estabelecimentos rurais com mais de 70% da área agrícola necessária, ou em regiões nas quais não há cobrança para a retirada dos excedentes (Tabela 5). Estas estimativas foram feitas com base em um cenário atual (média do período de jan./2007 a jan./2011). Entretanto, tendo em vista as mudanças no mercado mundial de alimentos e fertilizantes, é necessário avaliar o impacto de uma elevação no preço dos fertilizantes como a que se iniciou no final de 2007 e se estendeu até o final de 2008, período conhecido como crise dos alimentos. Os preços dos fertilizantes neste período ficaram 36% maiores do que a média do cenário atual, com destaque para o Superfosfato Triplo, com 43% de aumento. Os demais preços não apresentaram diferença entre os dois períodos. Assim, um cenário de crise beneficia não apenas os estabelecimentos suínocolas com biodigestores e área disponível que utilizam o valor fertilizante dos dejetos, mas principalmente o SISTRATES, tendo em vista que o seu principal subproduto (fosfato de cálcio) está associado ao fertilizante que mais se valorizou no período de crise (Tabela 6). De fato, a ELC do SISTRATES apresentou o maior crescimento porcentual entre os dois cenários (+74%), enquanto que um suinocultor com toda a área agrícola necessária para aplicar os efluentes do biodigestor tem um incremento menor na sua ELC (+40%).

TABELA 5. Despesas, receitas e entrada líquida de caixa no cenário atual (R\$ mil/mês).

Item	Sistrates		Biodigestor	
	Não	Sim	Não	Não
Custo para remover excedente				
Área agricultável do estabelecimento (ha)	71	445	445	889
Área agricultável do estabelecimento (%)	8	50	50	100
Despesas	14,3	40,7	14,1	30,5
- Energia elétrica e insumos químicos	7,3	0,2	0,2	0,2
- Mão de obra, manutenção e eventuais	2,9	2,9	2,9	3,1
- Despesas com gerador de Energia a biogás	1,8	1,8	1,8	1,8
- Distribuição do efluente líquido e dos lodos	2,3	9,2	9,2	25,3
- Retirada do efluente excedente	0,0	26,6	0,0	0,0
Receitas potenciais e redução de despesas	26,2	45,5	45,5	69,7
- Substituição e venda de energia elétrica	9,9	15,5	15,5	15,5
- Créditos de carbono	3,3	3,3	3,3	3,3
- Valor fertilizante e venda de fosfato de cálcio	13,0	26,7	26,7	51,0
Entrada Líquida de Caixa (ELC)	11,9	4,8	31,3	39,2

TABELA 6. Despesas, receitas e entrada líquida de caixa no cenário de crise (R\$ mil/mês).

Item	Sistrates		Biodigestor	
	Não	Sim	Não	Não
Custo para remover excedente				
Área agricultável do estabelecimento (ha)	71	445	445	889
Área agricultável do estabelecimento (%)	8	50	50	100
Despesas*	14,3	40,7	14,1	30,5
Receitas potenciais e redução de despesas	35,0	53,9	53,9	85,4
- Substituição e venda de energia elétrica	9,9	15,5	15,5	15,5
- Créditos de carbono	3,3	3,3	3,3	3,3
- Valor fertilizante e venda de fosfato de cálcio	21,8	35,1	35,1	66,7
Entrada Líquida de Caixa (ELC)	20,7	13,2	39,7	54,9

* Em função da pequena diferença de preços nos dois cenários, não há alteração nas despesas, por isso não foi apresentado de forma detalhada como na Tabela 5.

O resultado do VPL para os diferentes sistemas e cenários reflete o comportamento das receitas e despesas (Figura 4). No cenário atual, o VPL do SISTRATES é positivo. Este resultado é altamente sensível em relação ao preço e volume de fósforo, bem como ao custo da energia elétrica utilizada no tratamento. Uma redução de 12% na receita gerada pelo fosfato de cálcio do módulo P torna este VPL negativo (deve-se ponderar que os preços atuais, em fev./2011, encontram-se 22% abaixo dos preços no cenário atual, que considera a média dos últimos quatro anos). Além disso, em ambos os cenários, o VPL do SISTRATES é superior ao VPL dos estabelecimentos que devem pagar para que terceiros retirem o excedente de nutrientes da propriedade. Estima-se que estabelecimentos com custos de remoção do excedente e com área agricultável inferior a 70% da área necessária (ou 622 ha) obteriam um VPL maior com o SISTRATES do que com o biodigestor. O desempenho econômico do SISTRATES é inferior, em qualquer cenário, para estabelecimentos que possuem mais de 70% de área necessária (ou lotação inferior a 6,4 matrizes/ha) ou que não

têm custos de retirada do excedente. O resultado dos biodigestores é altamente sensível à relação entre o valor fertilizante e o custo de distribuição do efluente líquido (Figura 5). Atualmente, os custos de distribuição representam cerca de 50% do valor fertilizante do efluente e do lodo. O SISTRATES passa ser mais vantajoso do que o biodigestor (independente de área) quando o custo de distribuição passa a representar 115% do valor fertilizante (ou 15% a mais).

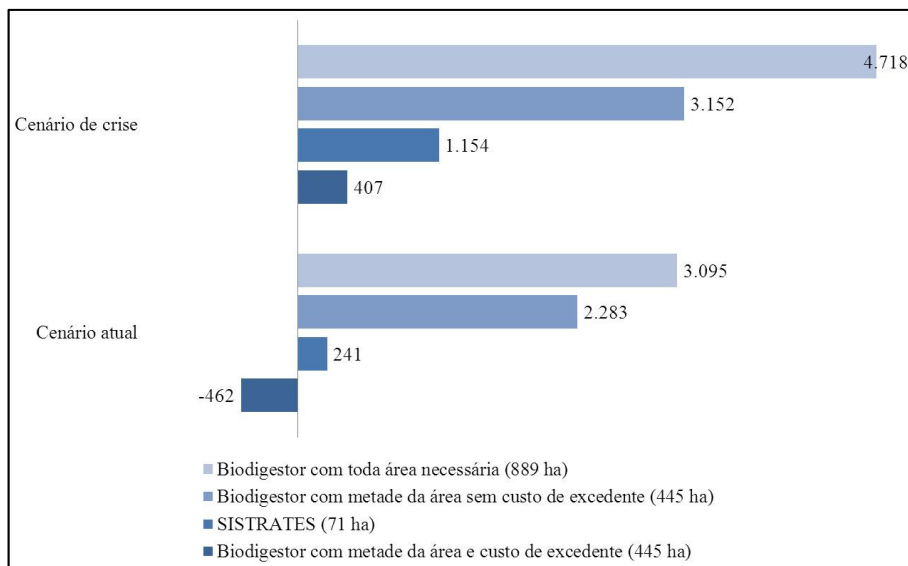


FIGURA 4. VPL dos sistemas em função do cenário, da área disponível e do custo de remoção do excedente (em R\$ mil).

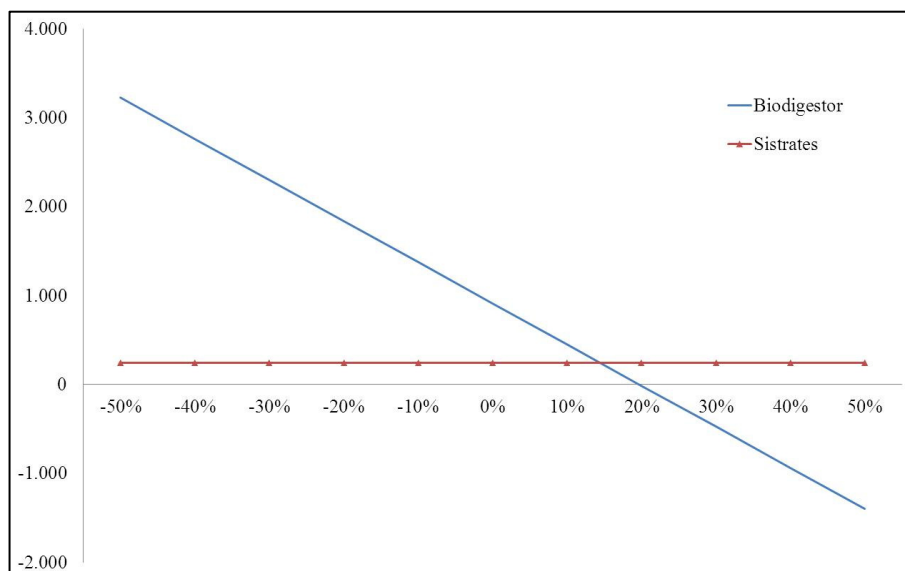


FIGURA 5. VPL dos sistemas em função da diferença entre custo de distribuição e valor fertilizante do efluente do biodigestor (em R\$ mil).

O impacto destas tecnologias nas granjas com UPL depende dos cenários e da forma de inserção do suinocultor na cadeia produtiva. O impacto é mais expressivo entre suinocultores

integrados às agroindústrias através de contratos de comodato. Tendo em vista que estes não arcam com os custos da ração e da genética e recebem uma remuneração baseada no serviço de produção de leitões, estima-se que o SISTRATES represente um acréscimo de 8% nas despesas e de 9% nas receitas. Entre os suinocultores independentes ou aqueles integrados às agroindústrias mas que arcam com os custos de ração e genética, verifica-se um impacto mais modesto do SISTRATES, de 1% das despesas e receitas. O impacto no valor dos investimentos em granja é de 10% sobre o valor de equipamentos e instalações em UPL (exclusive os animais e fábrica de ração).

CONCLUSÕES

Arranjos tecnológicos como o SISTRATES se justificam levando-se em conta um novo cenário da suinocultura brasileira de aumento de escala e redução de área agrícola disponível. Apesar de ser uma tecnologia de tratamento, o desempenho técnico e econômico permitem que estabelecimentos suinícolas sem área suficiente para disposição dos efluentes líquidos possam ser sustentáveis sem perda de valor fertilizante para o suinocultor. Além disso, o reuso da água na própria granja ou o consórcio com outras atividades como a piscicultura é mais uma vantagem do processo pois permite racionalizar o uso dos recursos hídricos, diminuindo a pressão e necessidade de captação de água de boa qualidade junto aos mananciais. Por outro lado, a presente análise ainda é baseada em resultados com protótipos em escala de laboratório e requer um projeto de validação para diferentes níveis de escala de produção. A Embrapa Suínos e Aves vem estruturando uma rede de parceiros nacionais e internacionais para desenvolver esta tecnologia. Para tanto, são necessários investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica tanto a partir do apoio das agroindústrias, dos suinocultores e de suas associações representativas, quanto que das instituições de fomento à pesquisa e apoio ao investimento em inovação. Atenção especial deve ser dada à possibilidade de replicar o protótipo em baixa escala a fim de minimizar os riscos de impacto social.

AGRADECIMENTO: ao CNPq

REFERÊNCIAS:

- BORTOLI, M.; KUNZ, A.; SOARES, H. M. Interferência da taxa de recirculação na remoção de carbono e nitrogênio pelo processo Modified Ludzak-Ettinger (MLE). **Anais do II Simpósio Internacional sobre gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**, Foz do Iguaçu, 15 – 17 de março de 2011.
- GALESNE, A., FENSTERSEIFER, J. E., LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999, 295p.
- KUNZ, A., MIELE, M., STEINMETZ, R. L. R. (2009a). Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, 100, 5485-5489.
- 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, 2010.