

# ANÁLISE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS QUE VISAM À PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE POR MEIO DE IODIGESTÃO ANAERÓBIA NA BOVINOCULTURA DE CORTE

THE ECONOMIC ANALYSIS OF INVESTMENT AIMED AT BIOGAS AND FERTILIZER THROUGH ANAEROBIC DIGESTION IN CATTLE MANAGEMENT

## **Stela Basso Montoro**

Graduanda em Administração. Univesidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Campus Jaboticabal (FCAV).  
E-mail: stelamontoro@hotmail.com

## **David Ferreira Lopes Santos**

Doutor em Administração de Empresas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e professor Assistente Doutor na Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.  
E-mail: david.lopes@fcav.unesp.br

## **Jorge De Lucas Junior**

Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura). Professor Titular da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e Revisor de periódico da Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Scienc.  
E-mail: jlucas@fcav.unesp.br

## **RESUMO**

Este estudo analisa a viabilidade econômica da implantação de biodigestores para tratamento de resíduos da bovinocultura em diferentes escalas. Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória descritiva com base no método de estudo de caso numa propriedade rural no interior do Estado de São Paulo. As técnicas do Fluxo de Caixa Descontado e Opções Reais foram utilizadas para análise econômica. Observou-se que o sistema de biogás e biofertilizante apresenta viabilidade econômica em sistemas de confinamento bovino com mais de 200 cabeças de gado e que o uso das opções reais pode ser incorporado como instrumento para auxiliar no processo de expansão do sistema. Assim, os resultados comprovam importância econômica deste sistema de tratamento de resíduos que ao mesmo tempo preserva o ambiente, gera energia renovável e subsidia insumos à propriedade rural.

**Palavras-Chave:** Viabilidade Econômica. Teoria de Opções. Biodigestores. Energia de Biomassa. Bovino Corte.

## **ABSTRACT**

*This study examines the feasibility of deploying digesters for treating waste from cattle at different scales considering under perspective economical. This is a descriptive exploratory research based on case study method on a rural property in the State of São Paulo. The techniques of DCF and Real Options were used for economic analysis. It was observed that the system of biogas and biofertilizer presents economic feasibility in feedlot cattle systems with more than 200 cattle using real options may be incorporated as a tool to assist in the expansion of the system, which increases the initial wealth owner. Thus, the results confirm the economic importance of this system of waste treatment that simultaneously preserves the environment, generates renewable energy and subsidizes inputs to the rural property.*

**Key words:** Analysis of Economics; Options Theory. Biodigester. Biomass energy. Cattle.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico da sociedade contemporânea se estabeleceu basicamente com a intensiva utilização de fontes energéticas de origem fóssil. Atualmente os países se defrontam com a necessidade de modificar substancialmente suas matrizes energéticas intensificando investimentos em prol da geração de energia a partir de fontes alternativas, em especial àquelas renováveis que se sustentam na valorização dos aspectos social, econômico e ambiental (OLIVEIRA, 2010).

Concorre, também, na pauta dos principais problemas da sociedade atual a necessidade de equacionar a geração de resíduos com a sua disposição final ambientalmente adequada. A geração de resíduos sólidos no Brasil cresce a taxa superior o da economia nacional, sendo que em 2009 o país alcançou 57 milhões de toneladas de resíduos sólidos o que representou uma variação positiva de 7% em relação o ano anterior (JACOBI; BESEN, 2011).

As discussões que engendram a sustentabilidade dos empreendimentos agropecuários no Brasil passam por diversos vetores, sendo que o uso da energia, do solo e do tratamento entregue aos resíduos assume proeminência. Nessa esteira, Coldebella et al. (2006) assinalam quanto o sério problema ambiental dos resíduos gerados por produtores de animais.

O problema ambiental nestes empreendimentos ocorre no manejo incorreto dos resíduos que os animais geram diariamente em grande escala no meio rural. A maneira que esses resíduos se distribuem nas instalações da propriedade é o que causa preocupação aos produtores e técnicos ambientais, pois o grande problema são os desafios técnicos, sanitários e econômicos que uma grande carga poluidora de resíduos pode causar ao ambiente que cerca o empreendimento (BARBOSA; LANGER, 2011).

Os prejuízos ambientais estão relacionados com a contaminação de solos, lagos e rios; dos problemas sanitários com a infiltração desses resíduos nos lençóis freáticos; do desenvolvendo de moscas e gases com mau odor muitas vezes em propriedades próximas a população urbana (JACOBI; BESEN, 2011).

Por conseguinte, os impactos ambientais da atividade agropecuária brasileira despontam com um dos principais pontos de interesse nas dimensões acadêmicas, empresariais e políticas públicas, em face da representatividade deste setor para a economia nacional; no que tange, por exemplo, o setor pecuarista há projeções de crescimento constante na produção de

carne até o período de 2020/2021 em 2,2% a.a. (BRASIL, 2011).

A avaliação de biodigestores em propriedades rurais tem sido sinalizada por diferentes pesquisadores como uma tecnologia “limpa” e eficiente no tratamento de dejetos orgânicos dos animais mantidos em sistema de confinamento (DEGANUTTI et al., 2002; TARRENTO; MARTINEZ, 2006; ANGONESE; CAMPOS; WELTER, 2007; SILVA, 2009; RATHUNDE, 2009; XAVIER, 2009; PEREIRA, 2009; BONFANTE, 2010; OLIVEIRA, 2010; REFONSO, 2011; BARBOSA; LANGER, 2011).

Sendo assim, a biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos é uma técnica que nos últimos anos vem sendo bastante estudada e utilizada em confinamentos de animais no intuito de reciclar a matéria orgânica desintegrando-a em compostos mais simples obtendo como produtos finais o biogás e o biofertilizante reutilizados na cadeia agropecuária ou mesmo na auto-suficiência da propriedade rural.

A despeito de diferentes trabalhos empreendidos no tema, onde todos, sem exceção, assinalam quanto à viabilidade deste investimento observa-se, que os projetos em biodigestores não estão na prioridade dos proprietários rurais cujos principais motivos relacionam-se com: desconhecimento da técnica, investimento inicial e necessidade de escala na produção; conquanto, que esta última varia em função do preço da carne e das expectativas de produção.

Portanto, esse estudo se posiciona de forma complementar às pesquisas já realizadas no que diz respeito ao uso do biodigestor em sistema de confinamento bovino, onde traz o resultado de uma experiência empírica no interior do Estado de São Paulo e o uso da Teoria de Opções Reais (TOR) de forma a expandir a abordagem do fluxo de caixa descontado (FCD), presente em todos os estudos. O uso da TOR teve por objetivo captar num único modelo a flexibilidade gerencial em alterar a estrutura do projeto, permitindo trabalhar com diferentes escalas de rebanho.

Desta forma, a motivação dessa pesquisa pode ser expressa no seguinte questionamento: Qual o valor econômico do investimento em biodigestor utilizado em sistema de confinamento bovino, considerando a flexibilidade operacional de diferentes tamanhos da população confinada?

### 1.1 OBJETIVOS

No interesse de responder a questão motivadora desta pesquisa, estabeleceu-se os seguintes objetivos:

- i. Identificar os parâmetros técnicos e financeiros que compõem a estrutura do biodigestor em sistema de confinamento bovino.
- ii. Analisar o investimento a partir da abordagem tradicional do fluxo de caixa descontado.
- iii. Incorporar as flexibilidades operacionais, a partir da TOR, a abordagem tradicional do FCD.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa tem natureza exploratória e descritiva, a partir do momento que aborda um caso específico cujas fontes de informação precisam ser desenvolvidas e posteriormente descritas por meio dos modelos teóricos de análise de investimento (GIL, 2008).

No tocante ao processo de pesquisa, este ocorreu em três etapas, a saber:

1ª Etapa: Revisão da literatura para embasamento do estudo abordando os seguintes temas: gestão da propriedade rural para confinamento de bovinos corte, análise da viabilidade econômica de projetos, avaliação de investimentos financeiros e biodigestores.

2ª Etapa: Pesquisa de campo em propriedades rurais que praticam a atividade de confinamento de bovinos para corte na região próxima do município de Jaboticabal (SP) nos períodos de agosto de 2011 a maio de 2012. Foram coletados nessas propriedades dados primários com foco nos gastos (investimentos, custos, despesas e perdas) e receitas mensais em períodos de funcionamento normal das propriedades. As técnicas de coletas de dados nesta etapa foram: análise de documentos internos das propriedades, incluindo contábeis; entrevistas semiestruturadas e não estruturadas; observação não participante e registros fotográficos (YIN, 2001; GODOI; MELLO; SILVA, 2006).

3ª Etapa: Elaborou-se um projeto para uma propriedade específica, tendo como base neste artigo o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), suportado a partir dos dados primários coletados nas propriedades rurais durante o período da pesquisa. Os resultados foram analisados com o auxílio de três ferramentas financeiras: Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR) e Opções Reais.

Lembra-se, que o foco deste estudo é complementar pesquisas já realizadas sobre este investimento específico, biodigestor, porém com foco na análise de investimento e a inclusão da abordagem por opções reais, que entrega um avanço na abordagem econômica deste recurso. Todavia, os resultados apresentados na quarta seção estão restritos às fontes de dados

pesquisadas, tendo em vista, as especificidades que as propriedades rurais apresentam em outras regiões.

Não obstante, ressalta-se que novas pesquisas nesta área devem respeitar as limitações tradicionais que uma abordagem exploratória e descritiva agrega.

## 3 REVISÃO TEÓRICA

### 3.1 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA UMA ALTERNATIVA ENERGÉTICA

Atualmente, o profissional chamado de “produtor rural” ou “empresário rural” é aquele proprietário de terra ou simplesmente um investidor que se associa a um proprietário de terra e através de ferramentas de gestão conduz a atividade agropecuária com enfoque empresarial (SILVA, 2009).

Em virtude de se analisar a gestão de confinamento para bovinos de corte, o confinamento precisa ser visto como uma estratégia de terminação dentro da empresa. É preciso planejar de modo que todas as ações da empresa convirjam para um ponto em comum. Os custos do confinamento são altos, quando comparados à produção a pasto. Portanto, utilizar tecnologias que proporcionam uma redução nos custos de produção pode ser uma alternativa de viabilizar ainda mais esse sistema.

Segundo Xavier (2009), a intensidade da produção animal é o fator da extensão do impacto ambiental. Os dejetos como fator de impacto ambiental num sistema de produção de ruminantes devem ser manejados com responsabilidade. Sendo assim, a utilização de biodigestores no meio rural tem merecido destaque devido aos aspectos de saneamento e geração de energia, além de estimular a reciclagem orgânica de nutrientes (SANTOS; LUCAS JR., 2004; ANGONESE; CAMPOS; WELTER, 2007).

O biodigestor, também permite significativa melhora nas condições sanitárias das propriedades acarretando em benefícios à saúde do trabalhador, família e do ambiente (LUCAS JR.; SILVA 1987; OLIVEIRA, 2010); outro ponto mencionado por Lucas Jr. E Silva (1987) e Bonfante (2010) é a possibilidade do subproduto biofertilizante tratado como adubo nas fazendas, que quando certificadas como produtora de produtos orgânicos apresentam rendimentos maiores, especialmente quando exportam para países desenvolvidos.

Assim, Pereira (2009, p. 41) assinala os principais benefícios de instalação do equipamento para biodi-

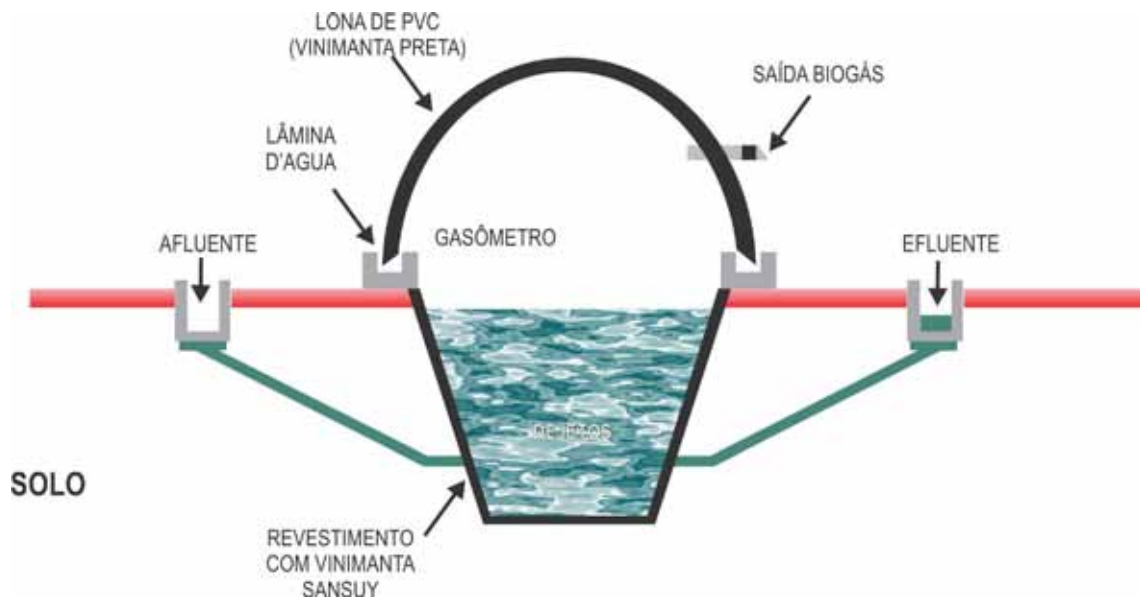
gestão de dejetos bovinos:

- a) Baixo custo de implantação e operacional;
  - b) Adequada eficiência na remoção das diversas categorias de poluentes
  - c) Não há consumo de energia elétrica, uma vez que dispensa o uso de bombas, baixa demanda de área, reduzindo os custos de implantação;
  - d) Produção de metano, gás de elevado teor calorífico;
  - e) Produção de Biofertilizante, visando à sua aplicação com fertirrigação de culturas agrícolas.
- Assim, o tratamento desses efluentes pode se

processar por intermédio da fermentação anaeróbica (metânica) que, além da capacidade de despoluir, permite valorizar um produto energético (Biogás) e ainda obter um fertilizante, cuja disponibilidade contribui para uma rápida amortização dos custos da tecnologia instalada (PEREIRA, 2009).

A Figura 1 demonstra ilustrativamente o funcionamento de um biodigestor horizontal. Este é o modelo mais utilizado por apresentar uma maior produção de biogás, pois as suas dimensões de área ficam mais expostas às radiações solares em relação aos outros modelos.

**Figura 1:** Esquema de Biodigestor de fluxo contínuo



Fonte: EMBRAPA (2009)

**Figura 2:** Imagem de um Biodigestor contínuo Sansuy



Fonte: [www.sansuy.com.br](http://www.sansuy.com.br)

## 3.2 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

A avaliação financeira de um projeto tem por objetivo investigar as fontes de geração de valor dos investimentos realizados (DAMODARAN, 1999). A literatura financeira assevera que todas as decisões de investimento devem ser pautadas na premissa de criação de riqueza (valor) aos investidores e partes interessadas, para tanto, os investimentos são aceitos à medida que o retorno marginal de cada unidade monetária empregada é maior que o seu custo de captação (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2002; GITMAN, 2004; ASSAF NETO, 2010).

O Fluxo de Caixa Descontado (FCD) é um dos métodos de análise mais utilizado pelos analistas financeiros o qual segundo Damodaran (1999), relaciona o valor de um ativo ao valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados relativos aquele ativo. A taxa de desconto será uma função do risco estimado do fluxo de caixa, com maiores taxas para projetos envolvendo maiores riscos e menores taxas para projetos com menor volatilidade de resultados.

O Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) são as técnicas tradicionais de avaliação de um investimento a partir do FCD, outras possibilidades podem ser alcançadas como o Índice de Lucratividade e o Payback Descontado (ROSS, WESTERFIELD; JAFFE, 2002; GITMAN, 2004; ASSAF NETO, 2010).

As Fórmulas 01 e 02 apresentam a identidade do VPL e da TIR:

$$(01) \quad VLP = \sum_{t=1}^n \frac{FCL_t}{(1+k)^t} - FC_0$$

$$(02) \quad 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCL_t}{(1+TIR)^t} - FC_0$$

Os critérios de decisão são:

- Se o VPL > 0 aceita-se o projeto;
- Se a TIR > Custo de capital (k) aceita-se o projeto;
- Se houver conflito entre TIR e VPL, este último define assume é o preponderante.

No entanto, há uma grande limitação no uso destas, pois o modelo não incorpora a flexibilidade gerencial de alterar o projeto, há uma premissa implícita que os parâmetros do modelo do fluxo de caixa livre (FCL) se manterão constante no curso do projeto, conforme a projeção inicial (TRIGEORGIS, 1993).

### 3.2.1 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

A TOR surge como resposta às limitações do FCD por considerar os projetos de investimentos como um direito da entidade e não uma obrigação (BRANDÃO; DYER, 2009). O resultado da TOR é o valor da flexibilidade gerencial em alterar o projeto, portanto, o cálculo desta é a diferença entre o FCD sem flexibilidade, isto é, calculado sobre as premissas tradicionais e o FCD com as flexibilidades incorporadas, conforme a Fórmula 3.

$$(03) \quad TOR = FCD_{flex} - FCD_{trad}$$

Existem três técnicas tradicionais no cálculo das opções em projetos de investimentos de ativos reais: Modelo de Black Sholes, Simulação de Monte Carlo e Modelo Binominal, proposto por Cox Ross e Rubinstein (1979) (SANTOS; ZOTES, 2011).

Neste trabalho, será utilizado o modelo binominal recombinante que admite os movimentos ascendentes “u” e descendentes “d” assumindo que os valores seguem o movimento geométrico browniano, de forma que os cálculos para estes movimentos em tempo discreto podem ser calculados pelas fórmulas (04) e (05):

$$(04) \quad u = e^{\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}}$$

$$(05) \quad d = e^{-\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}} \quad \text{ou} \quad d = \frac{1}{u}$$

Após as projeções do FCD no futuro, considerando os movimentos ascendentes e descendentes, estes são calculados de traz para frente pela abordagem probabilística neutra ao risco, conforme Copeland e Antikarov (2001).

$$(06) \quad C_0 = \left[ \frac{p \cdot C_u + (1-p) \cdot C_d}{(1+R_f)} \right]$$

Ainda, para encontrar o valor de  $e$  e  $\rho$ , utiliza-se

$$(07) \quad \rho = \frac{(1+R_f) - d}{(u-d)}$$

$$(08) \quad q = 1 - \rho$$

## 4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram construídos três cenários avaliados em rebanhos de 300, 900 e 2700 bois de corte, manti-



dos em confinamento durante o ano todo, divididos em 3, 9 e 27 lotes de 100 animais respectivamente, distribuídos em piquetes.

De acordo com os cenários avaliados nesse estudo, foram levantados os investimentos de implantação dos biodigestores, abrangendo tanto os relacionados aos materiais do biodigestor, quanto: manta para revestimento e cobertura; sistema de fixação (chapas, parafusos, porcas, etc.); acessórios (Bomba de circulação, painéis, tubulações, etc.); válvulas de alívio e pressão; rede de passagem; queimadores; sistema de separador de sólidos (bomba, painéis, tubulações e lagoa de homogeneização), bem como os custos de material civil, mão-de-obra de escavação e instalação.

Para cada cenário foi considerado o potencial da pro-

dução do biogás e a partir deste dado foi definido o modelo e o número de motogerador necessário. Para esta análise foi considerado um tempo de 7,29; 9,31 e 17,18 horas diárias de funcionamento. Ou seja, a partir dessas variáveis foi possível avaliar qual o conjunto de motogerador e a quantidade necessária em cada cenário.

O custo de manutenção do equipamento de acordo com o fabricante é de 0,03/kwh gerado. Este é o valor médio que abrange tanto a manutenção periódica (troca de vela e óleo) quanto à de longo prazo, ou seja, revisão completa do grupo de motogerador realizada a cada 8.000 horas de funcionamento. Os custos do motogerador que inclui o painel de força, treinamento e instalação estão apontados referentes a cada cenário na Tabela 1.

<b>Nº DE BOIS</b>	<b>CONJUNTO MOTOGERADOR</b>	<b> BIOGÁS/DIA</b>	<b> KWH/DIA</b>	<b> CUSTO</b>
<b>2700</b>	330 KVA	240 M <sup>3</sup>	4536,15	R\$ 323.561,00
<b>900</b>	174 KVA	720 M <sup>3</sup>	1295,95	R\$ 174.000,00
<b>300</b>	74 KVA	2160 M <sup>3</sup>	431,56	R\$ 74.000,00

A receita gerada por este projeto provém da redução das despesas com energia elétrica obtida com o uso do motogerador. Outra receita gerada pelo projeto provém da redução dos custos com adubação química das áreas cultiváveis da propriedade, substituídas pelo biofertilizante produzido no biodigestor. O cálculo da receita gerada pelo biofertilizante foi a partir dos preços da tonelada do sulfato de amônia, super fosfato simples e cloreto de potássio encontrados no mercado de insumos agropecuários da região de Jaboticabal-SP.

Os custos de manutenção anual dos biodigestores foram estimados com base nas variáveis: Mão-de-Obra Direta; Seguro; Depreciação (vida útil 10 anos com valor residual em 10% do valor original); Substituição de Manta; e Materiais Indiretos para manutenção geral do equipamento e infraestrutura.

A taxa mínima de atratividade foi determinada em 11% a.a. tendo em vista, a taxa livre de risco do país no período analisado 9% a.a. mais um prêmio

pelo risco estimado em 2%.As Tabelas 2 apresentam os fluxos de caixa do cenário com maior investimento em confinamento e os cálculos resultantes para o VPL e TIR.

O investimento necessário à implantação do sistema biogestor para o confinamento de 2700 cabeças, requer o montante inicial de R\$ 2 milhões, de forma que o investimento depois de empreendido pode ser abandonado com um valor de desmobilização orçado em R\$ 500 mil. Observa-se que os custos incrementais do projeto alcançam 29% da receita total líquida o que denota a eficiência operacional do investimento.

A alíquota do Imposto de Renda e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (IR+CSLL) foi estipulada no limite máximo de contribuição, pois a propriedade já recolhe os tributos na faixa superior da Receita Federal do Brasil.

O valor estimado em 10% para o valor residual refere-se à possibilidade do uso do sistema em outros ambientes após manutenção.

**Tabela 2: Fluxo de caixa descontado para o cenário de 2700 bois**

Contas/Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Receita Líquida</b>		1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390	1.189.390
Biofertilizante		314.582									
Biogás		874.808									
<b>Custos Operacionais</b>		488.911	342.311	342.311	342.311	488.911	342.311	342.311	342.311	488.911	342.311
Manutenção motogerador		49.664	49.664	49.664	49.664	49.664	49.664	49.664	49.664	49.664	49.664
Manutenção bio		7.330	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330
Mão de Obra Limpeza		20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215
Mão do Obra Carga do Bio		20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215	20.215
Depreciação		180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383
Horas Máquina limpeza		48.487	48.487	48.487	48.487	48.487	48.487	48.487	48.487	48.487	48.487
Seguro		16.017	16.017	16.017	16.017	16.017	16.017	16.017	16.017	16.017	16.017
Manta Superior (5 anos)		146.600				146.600				146.600	
<b>Resultado Operacional</b>		700.479	847.079	847.079	847.079	700.479	847.079	847.079	847.079	700.479	847.079
IR + CSLL (34%)		238.163	288.007	288.007	288.007	238.163	288.007	288.007	288.007	238.163	288.007
<b>Resultado Líquido</b>		462.316	559.072	559.072	559.072	462.316	559.072	559.072	559.072	462.316	559.072
(+) Depreciação		180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383	180.383
(+/-) Investimento	2.004.259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200.426
(=) Fluxo de Caixa Livre	-2.004.259	642.700	739.456	739.456	739.456	642.700	739.456	739.456	739.456	642.700	939.881
(=) Fluxo de Caixa Descontado	-2.004.259	579.009	600.159	540.684	487.102	381.411	395.343	356.165	320.869	251.247	331.012
<b>VPL</b>	2.238.741										
<b>Taxa de desconto</b>	11%										
taxa = 9% (Selic) + 2% (Prêmio)											
<b>TIR</b>	33%										

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelos autores)

Observa-se que o Valor Presente Líquido deste investimento é superior ao investimento inicial o que entrega um índice de lucratividade de 112%, este elevado índice é traduzido pela TIR que supera o custo financeiro em três vezes. Logo, tem-se um investimento altamente atrativo, tendo como premissa a existência do gado em confinamento.

Em razão do alto investimento na aquisição do gado e na implantação do biogestor, considerou-se

um cenário para a propriedade rural estudada com 900 cabeças, descrito na Tabela subsequente.

As premissas do fluxo de caixa se mantêm com variação, apenas, nos valores oriundos à receita e custos, em razão da menor dimensão do sistema de biogestor frente aquele apresentado para 2700 cabeças. Nota-se que o investimento continua atrativo pela técnica do VPL e TIR, de modo que a lucratividade do investimento caiu para

**Tabela 3: Fluxo de caixa descontado para o cenário de 900 bois**

Contas/Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Receita Líquida</b>		381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67	381.476,67
Biofertilizante		291.602,54									
Biogás		89.874,13									
<b>Custos Operacionais</b>		213.469,30	148.469,30	148.469,30	148.469,30	213.469,30	148.469,30	148.469,30	148.469,30	213.469,30	148.469,30
Manutenção motogerador		14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65	14.190,65
Manutenção bio		3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00	3.250,00
M-d-O limpeza		16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00
M-d-O carga do bio		16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00	16.172,00
Depreciação		76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79
Horas Máquina limpeza		16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20	16.162,20
Seguro		6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66	6.145,66
Manta Superior (5 anos)		65.000,00	-	-	-	65.000,00	-	-	-	65.000,00	-
<b>Resultado Operacional</b>		168.007,37	233.007,37	233.007,37	233.007,37	168.007,37	233.007,37	233.007,37	233.007,37	168.007,37	233.007,37
IR + CSLL		57.122,51	79.222,51	79.222,51	79.222,51	57.122,51	79.222,51	79.222,51	79.222,51	57.122,51	79.222,51
<b>Resultado Líquido</b>		110.884,86	153.784,86	153.784,86	153.784,86	110.884,86	153.784,86	153.784,86	153.784,86	110.884,86	153.784,86
(+) Depreciação		76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79	76.376,79
(+/-) Investimento	848.631,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.863,10
(=) Fluxo de Caixa Livre	-848.631,00	187.261,65	230.161,65	230.161,65	230.161,65	187.261,65	230.161,65	230.161,65	230.161,65	187.261,65	315.024,75
(=) Fluxo de Caixa Descontado	-848.631,00	168.704,19	186.804,36	168.292,22	151.614,61	111.130,68	123.053,82	110.859,30	99.873,24	73.205,22	110.946,83
<b>VPL</b>	455.853,46										
<b>Taxa</b>	11%										
taxa = 9% (Selic) + 2% (Prêmio)											
<b>TIR</b>	22%										

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelos autores)

53% frente os 112% do primeiro cenário. Essa condição ocorre em função da melhor alavancagem operacional do primeiro cenário. De toda forma, a rentabilidade do investimento, mensurado pela TIR, é duas vezes superior ao custo financeiro do capital empregado no projeto o que confirma a viabilidade do investimento.

Neste sentido, projetou-se um cenário mais restrito ao sistema de confinamento com apenas 300 cabeças, para tanto, as premissas de construção do fluxo de caixa se mantiveram, com diferença, apenas, nos valores estimados para as variáveis. A Tabela 4 traz os resultados do fluxo de caixa para este terceiro cenário.

**Tabela 4: Fluxo de Caixa Descontado para o cenário de 300 bois**

Contas/Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Receita Líquida</b>		127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08	127.130,08
Biofertilizante		97.200,84									
Biogás		29.929,24									
<b>Custos Operacionais</b>		79.539,21	63.739,21	63.739,21	63.739,21	79.539,21	63.739,21	63.739,21	63.739,21	79.539,21	63.739,21
Manutenção motogerador		4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66	4.725,66
Manutenção bio		790,00	790,00	790,00	790,00	790,00	790,00	790,00	790,00	790,00	790,00
M-d-O limpeza		8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00
M-d-O carga do bio		8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00	8.086,00
Depreciação		34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93
Horas Máquina limpeza		5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40	5.387,40
Seguro		2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22	2.565,22
Manta Superior (5 anos)		15.800,00	-	-	-	15.800,00	-	-	-	15.800,00	-
<b>Resultado Operacional</b>		47.590,87	63.390,87	63.390,87	63.390,87	47.590,87	63.390,87	63.390,87	63.390,87	47.590,87	63.390,87
IR + CSLL		16.180,90	21.552,90	21.552,90	21.552,90	16.180,90	21.552,90	21.552,90	21.552,90	16.180,90	21.552,90
<b>Resultado Líquido</b>		31.409,97	41.837,97	41.837,97	41.837,97	31.409,97	41.837,97	41.837,97	41.837,97	31.409,97	41.837,97
(+) Depreciação		34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93	34.098,93
(+/-) Investimento	378.877,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	378.877,00
(-) Fluxo de Caixa Livre	-378.877,00	65.508,90	75.936,90	75.936,90	75.936,90	65.508,90	75.936,90	75.936,90	75.936,90	65.508,90	113.824,60
(=) Fluxo de Caixa Descontado	-378.877,00	59.017,03	61.632,09	55.524,41	50.021,99	38.876,35	40.598,97	36.575,65	32.951,03	25.609,05	40.087,26
<b>VPL</b>		62.016,84									
<b>Taxa</b>		11%									
taxa = 9% (Selic) + 2% (Prêmio)											
<b>TIR</b>		14,62%									

Fonte: Dados da pesquisa (elaborado pelos autores)

Igualmente, os resultados dos dois primeiros cenários, o sistema de biogestor e biogás aplicado em sistema de confinamento bovino com 300 cabeças mostraram-se economicamente viável com VPL positivo e TIR superior ao custo de captação; no entanto o índice de lucratividade cai para 16% o que confirma a existência da alavancagem operacional neste investimento, cujos resultados operacionais são potencializados por volumes maiores de venda que diluem o custo fixo.

Destarte, pela abordagem FCD, os investimentos em sistemas de biogestão e biogás em sistemas de confinamento bovino são economicamente viáveis para a propriedade rural estudada, com destaque para os projetos que envolvem um maior número de cabeças de gado.

Corroborando a viabilidade dos projetos o período de Payback Descontado de aproximadamente 4,5 e 8 anos para os cenários 1, 2 e 3 respectivamente.

Não obstante, um número inferior a 200 animais

não seria suficiente para recuperar o investimento realizado considerando o decréscimo observado na TIR e o baixo VPL; essa condição decorre da baixa capacidade de geração de receita.

Em função da disponibilidade de capital ou acesso a este apresentada pelo produtor rural, utilizou-se a teoria de Opções Reais para incorporar a flexibilidade de expansão no projeto, qual seja: o produtor faria o investimento inicial no sistema de biogestão e biogás para um confinamento de 900 bovinos e no sexto ano, após o investimento recuperado, com o produtor novamente capitalizado, este expandiria o sistema para 2700 cabeças.

Para tanto, nós investigamos os gastos necessários para readaptação da planta existente no momento atual, de forma que identificamos que o investimento adicional seria o valor complementar entre as duas oportunidades de investimento (2700 cabeças e 900 cabeças), ou seja, R\$ 1.144.693,00.

Sendo assim, foi utilizado o modelo recombinan-



te proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979) tendo como variáveis:

- i) O valor presente do fluxo de caixa do projeto para 900 cabeças como ativo subjacente.
- ii) Estimamos a volatilidade do projeto em 10%.
- iii) O gasto adicional para o novo investimento no sexto ano capitalizado foi R\$ 1.919,764,56 ( $1.144.693 \cdot (1,09)^6$ )

Diante disso, os movimentos ascendentes e descendentes foram calculados a partir das fórmulas 04 e 05:

$$u = e^{0,1 \times \sqrt{1}} = 1,105171$$

$$d = \frac{1}{u} = 0,904837$$

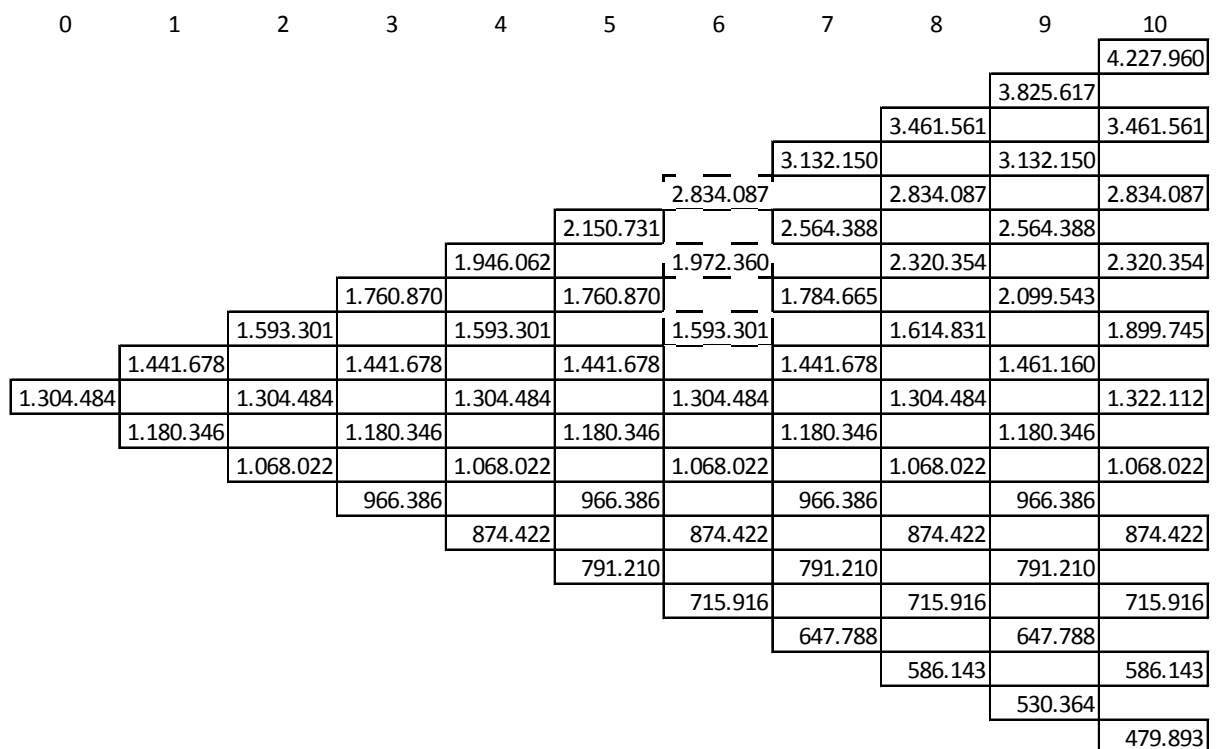
As probabilidades neutras em relação ao risco foram calculadas por meio das Fórmulas 07 e 08 apresentadas na literatura, de modo que os resultados para esta pesquisa estão expostos na sequência.

$$p = \frac{[(1+0,09) - 0,904837]}{(1,105171 - 0,904837)} = 0,9242$$

$$q = 1 - 0,9242 = 0,075729$$

A Figura 3 apresenta os resultados da árvore binominal criada para 10 anos em conformidade com a vida útil do projeto, tomando como ponto de partida o valor presente do fluxo de caixa do projeto com 900 cabeças.

**Figura 3 – Árvore binominal do ativo subjacente**



**Fonte:** Elaborado pelos autores

Verifica-se que a distribuição da árvore se amplia a partir do efeito multiplicativo dos movimentos  $u$  e  $d$ . Por exemplo, no ano 1, o valor do ativo subjacente assumiria duas possibilidades: 1.441.678 ( $1.304.484 \cdot 1,105171$ ) e 1.180.346 ( $1.304.484 \cdot 0,904837$ ).

Essa evolução ocorre de forma recombinante até o ano 6, quando, então, o proprietário rural poderá decidir se mantém o sistema biogestor e biogás para 900 cabeças ou altera para atender 2700 com o custo

adicional na ocasião do sexto ano de R\$ 1.919,764,56.

Ressalta-se que o fluxo de caixa livre do sistema para 2700 cabeças é 3,2 vezes superior àquele apurado para 900 cabeças, conforme pode ser calculado nas Tabelas 2 e 3. No entanto, em função do princípio do conservadorismo e por se tratar de uma tomada de decisão, após 6 anos de início do projeto; considerou-se um acréscimo de 2 vezes no Fluxo de Caixa Livre.

Sendo assim, o critério de decisão no nó superior do sexto ano, obedeceu à seguinte regra, como exemplo:

O maior valor para aquele nó, foi substituir o sistema para 900 cabeças para o de 2700, mesmo com o gasto adicional de R\$ 1.919.764 e o mesmo ocorre para os nós abaixo. Se utilizássemos o critério de 3,2 vezes Fluxo de Caixa, apenas, na última situação do

sexto ano, não seria viável a expansão do projeto.

A Figura 4 traz para o valor presente o Fluxo de Caixa da Figura 3, por meio das probabilidades neutras em relação ao risco, calculadas anteriormente e aplicadas na Fórmula 06.

**Figura 4 – Valor Presente do FCD com a Flexibilidade Incorporada**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										4.227.960
									3.825.617	
								3.461.561		3.461.561
							3.132.150		3.132.150	
						2.834.087		2.834.087		2.834.087
					2.564.387		2.564.388		2.564.388	
				2.320.352		2.320.348		2.320.354		2.320.354
			2.099.537		2.099.520		2.099.465		2.099.543	
		1.899.732		1.899.685		1.899.475		1.898.619		1.899.745
	1.718.935		1.718.839		1.718.377		1.716.027		1.702.754	
1.555.335		1.555.171		1.554.373		1.550.285		1.526.904		1.322.112
	1.407.043		1.405.844		1.399.989		1.369.829		1.195.294	
		1.271.334		1.263.822		1.229.441		1.080.696		1.068.022
			1.140.554		1.103.895		977.134		966.386	
				991.561		883.536		874.422		874.422
					798.938		791.210		791.210	
						715.917		715.916		715.916
							647.795		647.788	
								586.240		586.143
									531.761	
										479.893

Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se que o Fluxo de Caixa Descontado com a flexibilidade de expansão no sexto ano atingiu o valor de R\$ 1.555.335, superior em R\$ 250.850 o valor do projeto original (R\$ 1.304.484). Importa, ainda ressaltar, que a alteração do investimento no sexto ampliaria a vida útil do projeto até o décimo quarto ano, o que confirmaria ainda mais a viabilidade da expansão do investimento.

Todavia, como neste artigo o interesse é analisar a viabilidade econômica de projetos e incorporar a teoria de opções reais, entende-se que o objetivo foi alcançado. Ademais, foi possível sinalizar para o proprietário rural, o momento e as condições para tomada de decisão.

## 5 CONCLUSÕES

O estudo realizado alcançou os objetivos propostos quando:

i) conseguiu mapear os gastos necessários para implantação e manutenção de um sistema biodigestor

em confinamento bovino, incluindo três cenários distintos e os ganhos relativos à substituição da energia elétrica adquirida de concessionárias por sistema de moto-gerador, a partir do biogás e o aproveitamento da matéria orgânica como biofertilizante, não sendo necessária a aquisição deste no mercado;

ii) Os dados primários viabilizaram a construção de fluxos de caixa, que descontados a valor presente sinalizaram para uma viabilidade econômica nas três situações, porém com a advertência de que uma quantidade inferior a 200 animais a TIR poderá ser inferior à taxa de desconto;

iii) Foi possível a utilização da TOR, com a flexibilidade de expansão do projeto, cujo resultado reforçou a viabilidade do investimento e a oportunidade desta decisão para criar valor ao projeto e aumentar a riqueza do acionista, além é claro, de permitir uma destinação correta aos resíduos desta atividade.

Desta forma, os resultados da pesquisa corroboraram os principais resultados da literatura, quanto à

viabilidade econômica deste investimento e sua importância na sustentabilidade ambiental e econômica dos empreendimentos rurais, a partir, do reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados, bem como, na inclusão do processo gerencial na alteração do curso dos investimentos.

## REFERÊNCIAS

- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A.T.; WELTETR, R. A., Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.27, n.3, p.648-657, set./dez.2007.
- ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.
- BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba-SC, v. 2, n. 1, p. 87-96, jan./jun., 2011.
- BONFANTE, T. M. **Análise da viabilidade econômica de projetos que visam à instalação de biodigestores para o tratamento de resíduos da suinocultura sob as ópticas do Mecanismo de desenvolvimento Limpo (MDL) e da geração de energia**. 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2010.
- BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. E. Projetos de opções reais com incertezas correlacionadas. **BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**. São Leopoldo-RS, v. 6, n.1, p. 19-26, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Brasil Projeções do Agronegócio (2010/2011 a 2020/2021)**. Brasília, DF, 2011.
- COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica do biogás da bovinocultura do leite. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 6, 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n] 2006.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M. Biodigestores rurais: modelo chinês, indiano e batelada. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4º, 2002, **Resumo...** Bauru: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2002.
- GODOI, C. K.; MELLO, R. B.; SILVA, A. B. (Org.) **Pesquisa Qualitativa em estudos organizacionais. Paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008, p.41-43.
- GITMAN, L., J. **Princípios de administração financeira**. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, jan/abr, 2011.
- LUCAS JR. J.; SILVA, F. M: **Biogás, produção e utilização**. Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal- SP. (s.d). 8p. 1987.
- OLIVEIRA, F. S. **Ganhos ambientais e energéticos com a utilização da biomassa residual de gado leiteiro em lagoa da prata – MG**. 2010, 88 f. Dissertação (Mestre em Ciências ) - Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

- PEREIRA, G. **Viabilidade econômica de instalação de um biodigestor em propriedades rurais.** 2009, 78f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Programa de Pós Graduação do Departamento de Física, Estatística e Matemática, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí-RS, 2009.
- RATHUNDE, P. H. **Viabilidade econômica da geração distribuída do biogás de dejetos animais no município de cruz machado.** 2009, 149f. Dissertação (Mestrado em Organizações e Desenvolvimento) – Programa de Pós Graduação Multidisciplinar em Organizações e Desenvolvimento, FAE – Centro Universitário Franciscano, Curitiba, 2009.
- REFONSO, D. **Utilização de resíduos da suinocultura para produção de energia através do biogás e fertilizantes orgânicos estudo de caso: granja marmentini – dois vizinhos – PR.** 2011, 77f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2011.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. **Administração Financeira.** Corporate Finance, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SANTOS, T. M. B.; LUCAS JR., J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.24, n.1 p.25-36, 2004.
- SANTOS, D. F. L.; ZOTES, L. P. Metodologias para valoração de pequenas e médias empresas. **Revista Eletrônica do Mestrado em Administração**, Natal-RN, v. 3, n.1, p. 17-26, out/2010-mar/2011.
- SILVA, A. A. **Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas.** 2009. 168f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP, 2009.
- TARRENTO, G. E.; MARTINEZ, J. C. Análise de implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. In. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru-SP, **Anais...** Bauru: FEB/UNESP, 2006.
- TRIGEORGIS, L. Real Options and Interactions with Financial Flexibility. **Financial Management**, Malden-MA (EUA), v. 22, n. 3, p. 202-224, 1993.
- XAVIER, C. A. N. **Caldo de cana- de-açúcar na biodigestão anaeróbia com dejetos de vacas em lactação sob diferentes dieta.** 2009. 102f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP, 2009.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.