

THIAGO EDWIGES

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO
ENERGÉTICO DA BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL: ESTUDO DE CASO NA
MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FACÃO TORTO, MUNICÍPIO DE ENTRE
RIOS DO OESTE/PR.**

**CURITIBA
2011**



THIAGO EDWIGES

**AValiação DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO ENERgÉTICO DA
BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL EM PEQUENOS MUNICÍPIOS: ESTUDO DE
CASO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FACÃO TORTO, MUNICÍPIO
DE ENTRE RIOS DO OESTE/PR.**

Trabalho apresentado para obtenção do título de Especialista no curso de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente (Ênfase em Negócios Ambientais) do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Charles Carneiro.

**CURITIBA
2011**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 PROCESSO PRODUTIVO DE SUÍNOS	9
3.2 BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA	11
3.3 TRATAMENTO SANITÁRIO DA BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL	12
3.4 BIODIGESTORES RURAIS	13
3.5 BIOGÁS – PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS E INFLUÊNCIAS	17
3.6 SISTEMA CONDOMINIAL DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
4.2 PERFIL ECONÔMICO E ENERGÉTICO DA ÁREA EM ESTUDO	23
4.3 LEVANTAMENTO DO PLANTEL ANIMAL.....	24
4.3 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE	27
4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE GESTÃO DO BIOGÁS.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE DEJETOS E BIOGÁS.....	34
5.2 CONSUMIDORES COM POTENCIAL PARA O APROVEITAMENTO DO BIOGÁS	35
5.3 LOGÍSTICA DE GERENCIAMENTO DOS DEJETOS E BIOGÁS.....	37
5.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	41
6. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - LABORATÓRIO PARA COLETA DE SÊMEN E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL	9
FIGURA 3.2 – MATERNIDADE.....	10
FIGURA 3.3 – BAIAS PARA CRECHE E TERMINAÇÃO	10
FIGURA 3.4 – VISTA FRONTAL DO BIODIGESTOR CHINÊS	15
FIGURA 3.4 – VISTA TRIDIMENSIONAL DO BIODIGESTOR CHINÊS	15
FIGURA 3.5 – VISTA FRONTAL DO BIODIGESTOR INDIANO	16
FIGURA 3.5 – VISTA TRIDIMENSIONAL DO BIODIGESTOR INDIANO	16
FIGURA 4.1 – MICROLOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE.....	22
FIGURA 4.2 – MICROBACIAS DO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE	23
FIGURA 4.3 – MATRIZ ENERGÉTICA MUNICIPAL	24
FIGURA 4.4 – LOCALIZAÇÃO DAS GRANJAS PRODUTORAS DE SUÍNOS.....	26
FIGURA 5.1 – LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES COM POTENCIAL PARA CONSUMO DE BIOGÁS ...	36
FIGURA 5.2 – IDENTIFICAÇÃO DO BIOGASODUTO	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - PARÂMETROS EMPREGADOS NOS CÁLCULOS.....	20
TABELA 4.1 – LEVANTAMENTO DO PLANTEL DE SUÍNOS	25
TABELA 4.2 – VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA A ESTIMATIVA DE EMISSÃO	28
TABELA 5.1 – LEVANTAMENTO DO PLANTEL DE SUÍNOS	34
TABELA 5.2 – DIMENSÃO E CUSTOS DOS BIODIGESTORES INDIVIDUAIS.....	37
TABELA 5.4 – CUSTO DIÁRIO COM COMBUSTÍVEL PARA A COLETA DE DEJETOS	40
TABELA 5.5 – TABELA RESUMO DE CUSTOS GERAIS DE IMPLANTAÇÃO PARA AS DUAS SITUAÇÕES ESTUDADAS.....	41
TABELA 5.6 – ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO “A”	41
TABELA 5.7 – ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO E RENDA COM O BIOFERTILIZANTE	42
TABELA 5.8 – VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR	43
TABELA 5.8 – ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO “B”	44

RESUMO

A produção de proteína animal é uma atividade que vem se destacando na Região Oeste do estado do Paraná. O desafio é gerir este sistema do ponto de vista ambiental, pois esta atividade produz quantidades significativas de dejetos com alta carga poluente. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial de aproveitamento da energia gerada pela biomassa residual animal na Microbacia Hidrográfica do Rio Facão Torto, Município de Entre Rios do Oeste/PR. O plantel total instalado na Bacia Hidrográfica do Rio Facão Torto é de 20.682 suínos distribuídos em 15 granjas localizadas ao longo de toda a extensão do Rio. Em função da grande maioria das granjas estarem localizadas próximas ao curso d'água, os dejetos produzidos chegam com facilidade ao rio caso o sistema de captação e tratamento não esteja sendo operado adequadamente. Sendo assim, justifica-se a implantação de um sistema capaz de aproveitar este resíduo, gerando subprodutos capazes de agregar valor à propriedade rural, ao mesmo tempo em que reduz significativamente a carga poluente lançada no solo e nos cursos d'água. O volume total de biogás produzido na Bacia é de aproximadamente 1.012.100 m³/ano e este material, dotado de valor econômico, pode ser aproveitado como energia térmica, elétrica ou veicular. Para as situações estudadas especificamente neste trabalho, pode-se concluir que a utilização direta do biogás como energia térmica permite a redução de custos de implantação e melhora a viabilidade econômica.

1. INTRODUÇÃO

A produção de proteína animal é uma atividade que vem se destacando no agronegócio brasileiro, principalmente na região oeste do estado do Paraná, devido aos incentivos e ao sistema de cooperativas instalado na região, que permite a produção de grande quantidade de animais em pequenas áreas, proporcionando ao agricultor utilizar a propriedade também para outros fins.

O desafio é gerir este sistema do ponto de vista ambiental, pois esta atividade produz quantidades significativas de dejetos com alta carga poluente e que são lançados nos cursos d'água ou espalhados na agricultura, causando impactos ambientais negativos principalmente para os recursos hídricos e a atmosfera. Estes dejetos possuem quantidades significativas de nitrogênio e fósforo e que, ao atingirem os recursos hídricos causam o que chamamos de eutrofização, processo que pode criar um ambiente anaeróbio e, por meio de sua decomposição contribuir para a emissão de gases de efeito estufa como o metano (CH₄) e o gás carbônico (CO₂).

Uma alternativa a este panorama é tratar anaerobicamente os dejetos animais em biodigestores rurais. Neste, o biogás produzido fica retido e pode ser aproveitado diretamente como energia térmica para aquecimento de granjas e aviários, para a geração de energia elétrica por meio de um motogerador ou ainda comprimido e utilizado como gás veicular.

A proposta deste trabalho é identificar, em uma microbacia hidrográfica, as possibilidades de aproveitamento da biomassa residual animal gerada em pequenas propriedades rurais. Com a quantificação, será quantificado o potencial de geração de biogás, visando seu aproveitamento energético e a criação de um negócio ambiental, por meio da venda desta energia para potenciais compradores na própria microbacia.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial econômico de geração de energia através do aproveitamento do biogás na microbacia hidrográfica do Rio Facão Torto, município de Entre Rios do Oeste/PR. Tendo como objetivos específicos:

- Identificar consumidores com potencial de aproveitamento da energia produzida;
- Avaliar, com base nas características da bacia, a melhor logística de recolhimento dos dejetos, e
- Realizar estudo de viabilidade econômica comparativa entre os sistemas de gestão do biogás estudados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESSO PRODUTIVO DE SUÍNOS

De acordo com Sebrae (2006), o processo produtivo da suinocultura pode ser sintetizado em quatro estágios, sendo eles:

a) estágio 1 “Seleção de sêmen e Fertilização das fêmeas”

Os reprodutores e as matrizes (machos e fêmeas destinados à reprodução) são rigorosamente selecionados a fim de garantir a qualidade genética, aumentando sua produtividade, pois o desempenho de uma raça ou linhagem é fruto da sua constituição genética somada ao meio ambiente em que é criada. A coleta de sêmen é feita através da estimulação dos reprodutores, o sêmen coletado passa por uma seleção em um laboratório. As matrizes também são estimuladas e assim que começam a ovular é feita a inseminação artificial.



Figura 3.1 - Laboratório para coleta de sêmen e inseminação artificial
Fonte: SEBRAE (2006)

b) estágio 2 “Gestação e Lactação”

As matrizes fertilizadas são colocadas em baias individuais para evitar abortos por estresse e brigas. Após a fixação dos embriões as fêmeas são transferidas para baias coletivas com cerca de 5 animais, onde ficam por

aproximadamente 115 dias (período de gestação). Após o nascimento dos filhotes a fêmea é novamente transferida para baias individuais, essas especiais, onde permanecem por cerca de 21 dias com os filhotes (período de lactação).



Figura 3.2 – Maternidade
Fonte: SEBRAE (2006)

c) estágio 3 “Creche e Terminação”

Na fase de desmame os filhotes são levados para a creche, onde são separados por tamanho e recebem uma alimentação compatível com a necessidade de cada grupo, permanecem ali por cerca de 50 dias. As fêmeas ficam em outras salas onde aguardam aproximadamente 7 dias para entrarem no cio novamente. As salas são divididas de maneira rotativa, em que os grupos com animais da mesma idade vão sendo transferidos periodicamente até a última sala (processo de terminação), onde estão prontos para o abate.



Figura 3.3 – Baias para Creche e Terminação

Fonte: SEBRAE (2006)

3.2 BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL COMO FONTE DE ENERGIA

Atualmente, a maior parte da energia obtida é fornecida pela queima de petróleo e uma pequena porcentagem é gerada por usinas nucleares. A contribuição da energia proveniente de recursos renováveis é quase insignificante, mas isso vai mudar no futuro com aumento dos preços do petróleo (DIETER; STEINHAUSER, 2008).

A demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos e pode triplicar novamente nos próximos 30 anos. A maioria desta demanda aumentada no passado ocorreu nos países industrializados, e 90% dela foi satisfeita por combustíveis fósseis. Contudo, nos anos vindouros, a maior parte de demanda aumentada de energia virá dos países em desenvolvimento, já que eles buscam atingir objetivos e metas de desenvolvimento e têm experimentado aumentos populacionais muito maiores que os observados nos países industrializados (HINRICHS; KLEINBACH, 2003).

De acordo com MME (2008), da Oferta Interna Energia (OIE) total, 45,8% corresponde à oferta interna de energia renovável. Essa proporção é das mais altas do mundo, contrastando significativamente com a média mundial, de 12,7%.

Para Gadanha et. al. (1991) a necessidade de atender a demanda energética nas diversas áreas, causando o mínimo de impacto ambiental e/ou social, torna necessária a busca e exploração de fontes energéticas alternativas. As tecnologias que convertem a energia disponível da natureza, seja do vento, da água, do sol, dos combustíveis fósseis ou da biomassa, permitem também que o homem aumente sua capacidade de trabalho.

Segundo Gaspar (2003) a denominação de biomassa se dá a quaisquer materiais passíveis de serem decompostos por causas biológicas, ou seja, pela ação de diferentes tipos de bactérias matéria essa encontrada em abundância em todos os lugares do planeta. A biomassa decomposta sob a ação de bactérias metanogênicas (produtoras de metano) produz biogás em maior ou menor quantidade, em virtude de fatores como: temperatura, presença ou não de oxigênio, nível de umidade, quantidade de bactérias em relação ao volume e tipo de biomassa, entre outros.

Os sistemas de produção de suínos geram grandes quantidades de biomassa residual que pode ser tratada convertendo matéria orgânica em biogás, que é uma fonte alternativa de energia, de fácil utilização, com a simultânea remoção e estabilização das cargas poluentes. Salienta-se, porém, que apesar das perspectivas favoráveis, a utilização de biodigestores em propriedades rurais não foi bem difundida, devido à falta de conhecimento e de informação tecnológica ao seu respeito (OLIVEIRA, 2004).

3.3 TRATAMENTO SANITÁRIO DA BIOMASSA RESIDUAL ANIMAL

A digestão anaeróbia pode ser considerada como um ecossistema onde diversos grupos de microorganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica principalmente em metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), água (H_2O), gás sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3), além de novas células bacterianas (CHERNICHARO, 1997).

Para Elango et. al. (2006), a digestão anaeróbia é um processo de multi-estágios que ocorrem na ausência de oxigênio, onde as bactérias são os organismos primários envolvidos. Nos digestores já estabilizados, o pH da massa em fermentação é colocado entre 6,8 e 7,4 e as bactérias têm faixa limitada de temperatura em que estão ativas, sendo que a faixa ótima de digestão está entre 30° e 40° C.

O nitrogênio e o fósforo contido nos resíduos orgânicos e esgotos domésticos são suficientes para satisfazer as exigências do crescimento celular durante a produção de biogás. Já os outros elementos, tais como sódio, potássio, cálcio, magnésio e ferro estão presentes em baixas concentrações, entretanto, eles podem apresentar efeitos inibitórios em concentrações mais elevadas (SPEECE, 2003).

De acordo com Chernicharo (1997), quando uma população de bactérias metanogênicas se encontra presente em quantidade suficiente, e as condições ambientais no interior do sistema de tratamento são favoráveis, estas utilizam os ácidos intermediários tão rapidamente quanto estes são formados. Como resultado,

os ácidos não se acumulam além da capacidade neutralizadora da alcalinidade naturalmente presente no meio, o pH permanece numa faixa favorável às bactérias metanogênicas e o sistema anaeróbio é considerado em equilíbrio. Entretanto, se as bactérias metanogênicas não estiverem presentes em número suficiente, ou se estiverem expostas a condições ambientais desfavoráveis, estas não serão capazes de utilizar os ácidos voláteis na mesma taxa em que são produzidos, resultando em uma acumulação de ácidos no sistema. Nestas condições a alcalinidade é consumida rapidamente e os ácidos livres, não neutralizados, provocam quedas de pH. Esta situação é normalmente referenciada como a de um reator ácido.

Segundo Feiden (2010), a cofermentação consiste no uso de misturas de diferentes substratos, para otimizar as características da digestão. Pode-se assim obter um substrato com qualidades nutricionais adequadas, além de teores de sólidos apropriados ao tipo de biodigestor utilizado. A utilização da cofermentação é bastante comum na Alemanha, onde foram desenvolvidos equipamentos para facilitar a mistura de substratos e otimizar o teor de sólidos.

Algumas estações de tratamento nos Estados Unidos já usam a digestão anaeróbia para converter os resíduos orgânicos ou esgoto em energia. Embora os projetistas de sistemas de tratamento tenham postulado que algum dia poderemos ser capazes de despejar o lixo no esgoto, tal sistema necessita ainda de modificações. A fração orgânica dos resíduos sólidos é teoricamente muito mais tratável, da mesma forma como águas residuais. Na Itália, estações de triagem de resíduos sólidos foram instaladas em duas estações de tratamento de esgoto e a fração orgânica dos resíduos foi adicionada aos digestores pré-existentes, o que aumentou a taxa de produção de biogás em cinco vezes. Uma análise econômica foi realizada e revelou que o biogás adicional pode ser vendido e um período de retorno global de 3,5 anos poderia ser alcançado sobre a atualização da planta (RAPPORT et. al., 2006)

3.4 BIODIGESTORES RURAIS

Para Batista (1981), chama-se digestor a câmara onde se processa a digestão. Trata-se de um tanque fechado em concreto ou alvenaria onde a mistura

(6 a 20% de sólidos e a restante água) a ser digerida é colocada. O biodigestor é composto, basicamente, de uma câmara fechada chamada de digestor na quais biomassas, são fermentadas anaerobicamente. Como resultado desta fermentação ocorre à liberação de biogás e a produção de biofertilizante. Esse aparelho, não produz o biogás, apenas fornece as condições propícias para que as bactérias metanogênicas, degradem o material orgânico, com a conseqüente liberação do gás metano.

Existem vários tipos de biodigestor, mas, em geral, todos são compostos basicamente de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás. Em relação ao abastecimento de biomassa, o biodigestor pode ser classificado como contínuo, isto é, abastecimento diário de biomassa, com descarga proporcional à entrada de biomassa, ou intermitente, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão. Então, retiram-se os restos da digestão e faz-se nova recarga. O modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando da utilização de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos animais.

O uso do biogás como combustível, no meio rural, tem como modelo de produção os biodigestores mais simples. Alguns modelos de biodigestores têm se mostrado de interesse principalmente por apresentarem baixo custo devido a pouca tecnologia associada e facilidade operacional. Dos biodigestores de sistema de abastecimento contínuo mais difundido no Brasil estão os modelos chinês, indiano e canadense. Estes modelos de biodigestores são subterrâneos, isto para evitar mudanças bruscas de temperatura da biomassa (AMBIENTEBRASIL, 2008).

Segundo Deganutti et. al (2002) o biodigestor chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para a fermentação, com teto abobadado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário

quando ocorre descompressão. A Figura 3.4 e 3.5 mostram a vista frontal em corte do biodigestor e a sua representação tridimensional em corte.

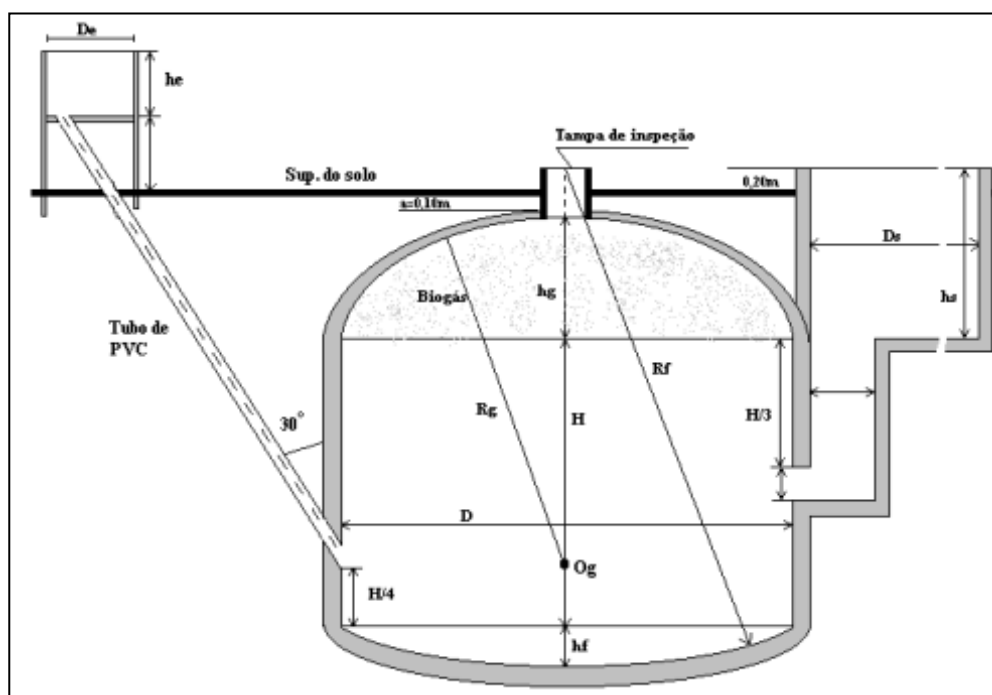


Figura 3.4 – Vista frontal do biodigestor chinês
Fonte: DEGANUTTI (2002)

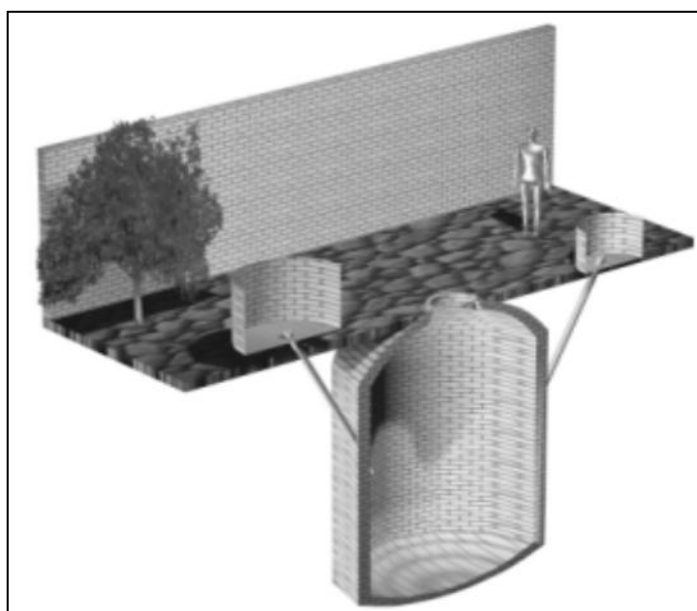


Figura 3.4 – Vista tridimensional do biodigestor chinês
Fonte: DEGANUTTI (2002)

Ainda para Deganutti et. al. (2002) o biodigestor indiano caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central

que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. A Figura 3.5 mostra a vista frontal em corte do biodigestor e a sua representação tridimensional em corte.

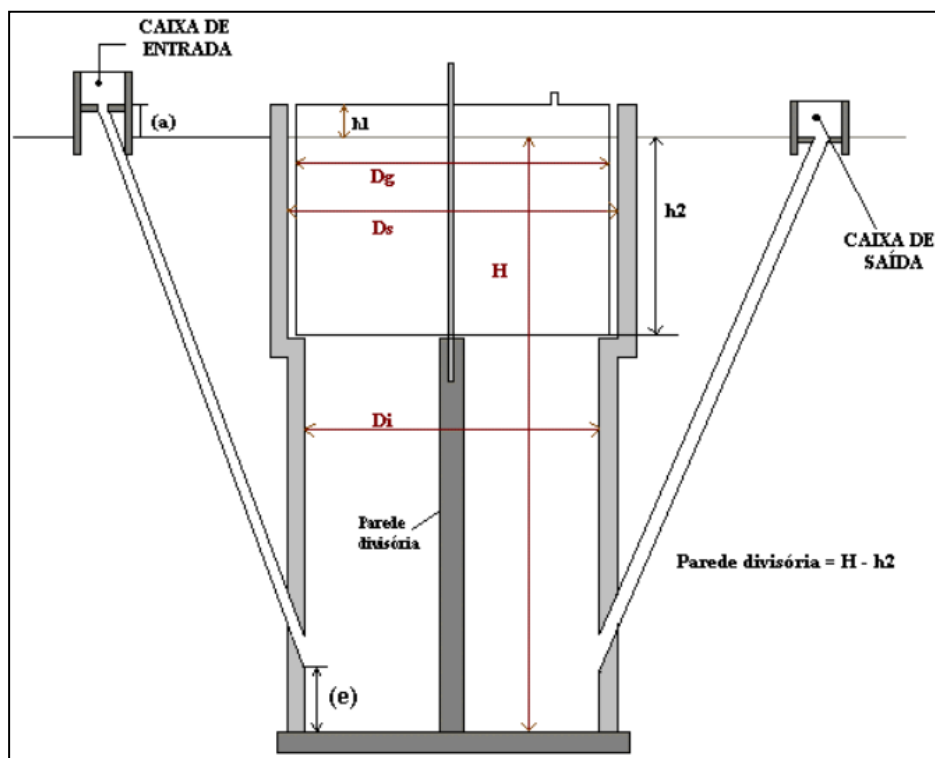


Figura 3.5 – Vista frontal do biodigestor indiano
Fonte: DEGANUTTI (2002)

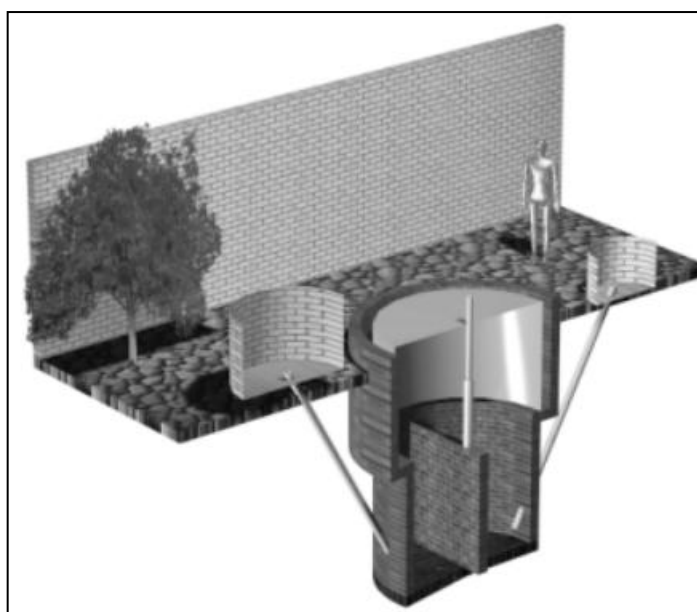


Figura 3.5 – Vista tridimensional do biodigestor indiano
Fonte: DEGANUTTI (2002)

Por fim, o biodigestor tipo canadense (Figura 3.6), modelo mais utilizado na região sul do Brasil, é construído de forma horizontal, constituído por uma caixa de entrada, para onde são canalizados os dejetos provenientes das granjas, uma câmara de fermentação subterrânea revestida com lona plástica, uma manta superior para reter o biogás produzido de modo a formar uma campânula de armazenamento, caixa de saída, onde o já chamado biofertilizante é canalizado para uma esterqueira, um registro para saída do biogás e um queimador, conectado ao registro de saída do biogás.

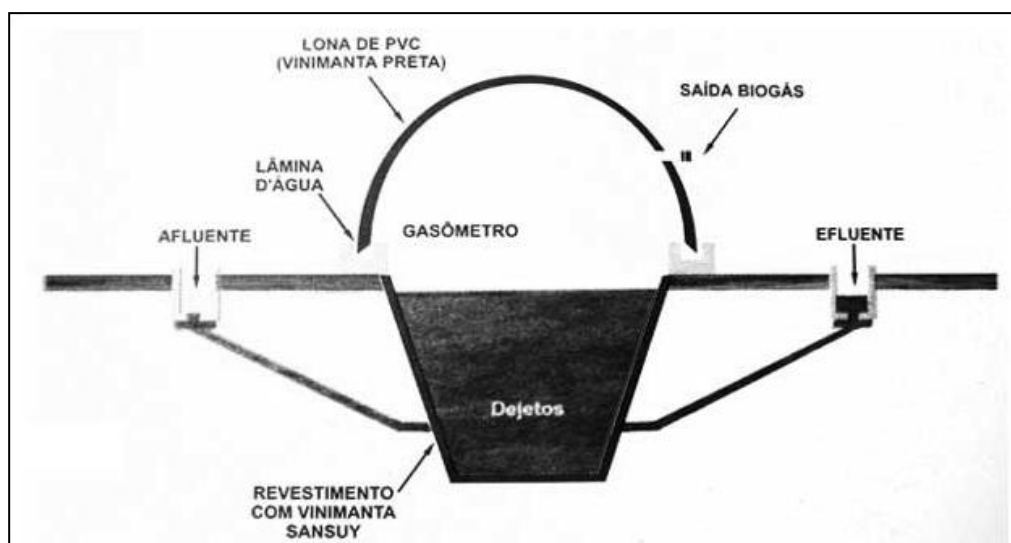


Figura 3.6 – Biodigestor tipo canadense

3.5 BIOGÁS – PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS E INFLUÊNCIAS

O biogás é gerado na decomposição anaeróbia dos resíduos orgânicos, dejetos de animais, efluentes domésticos, assim como resíduos produzidos por matadouros, fábrica de laticínios, entre outros. O grande volume de resíduos com potencial de geração do biogás torna essa conversão energética uma solução para agregar ganho ambiental, pela destinação adequada dos resíduos, aliada à redução das emissões de metano em razão de seu potencial energético de reaproveitamento. (SILVA et al., 2004).

Para Schaedler (2008), vários fatores influenciam na produção do biogás. Como ele é produzido por bactérias, os mesmos fatores que as afetam afetarão

diretamente a formação do biogás. Alguns dos fatores que devem ser controlados são:

- Contato com oxigênio, pois as bactérias metanogênicas que produzem o biogás são essencialmente anaeróbias;

- Alcalinidade e pH, pois as bactérias que produzem metano sobrevivem na estreita faixa de pH 6,5 a 8,0. A relação entre as bactérias que produzem ácidos e as que consomem deve ser muito equilibrada;

- Temperatura, pois as bactérias metanogênicas são muito sensíveis a alterações de temperatura (faixa ideal de 35 a 45°C);

- Teor de água no biodigestor deve variar de 60% a 90% do peso do conteúdo total, e

- Nutrientes: Os principais nutrientes das bactérias são carbono, sais orgânicos, fósforo e nitrogênio. Deve-se manter uma relação de carbono para nitrogênio entre 20:1 e 30:1.

Para a conversão energética do biogás existem duas maneiras: i) a energia química contida em suas moléculas pode ser convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada, onde a energia mecânica ativa um gerador que a converte em energia elétrica, e ii) pode ser utilizado para queima direta em caldeiras para cogeração. Assim, o biogás pode gerar tanto energia elétrica, quanto térmica (SILVA et al., 2004).

Quando as especificações de qualidade de vida dos microrganismos são atendidas, o biogás obtido deve, segundo Seixas et al (1980), ser composto de uma mistura de gases, com cerca de 60 ou 65% do volume total consistindo em metano, enquanto os 35 ou 40% restantes consistem, principalmente, em gás carbônico, e quantidades menores de outros gases (Quadro 3.1).

QUADRO 3.1 – COMPOSIÇÃO MÉDIA DO BIOGÁS

TIPO DE GÁS	COMPOSIÇÃO
CH ₄	60 a 70 %
CO ₂	30 a 40 %
NH ₃	0 a 1 %
N ₂	0 a 7 %
H ₂	0 a 1 %
H ₂ S	0 a 3 %
O ₂	0 a 2 %

Fonte: SEIXAS (1980)

De acordo com Barrera (1993), o metano, principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, altamente combustível e sua equivalência energética é apresentada no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2 – COMPARAÇÃO ENTRE O BIOGÁS E OUTROS COMBUSTÍVEIS

COMBUSTÍVEIS	1 m ³ DE BIOGÁS EQUIVALE À
Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo Diesel	0,553 litros
Gás de Cozinha (GLP)	0,454 litros
Lenha	1,536 Kg
Álcool Hidratado	0,790 litros
Eletricidade	1,428 kW

Fonte: BARRERA (1993)

3.6 SISTEMA CONDOMINIAL DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS

De acordo com Bley Jr et. al. (2009), a Coordenadoria de Energias Renováveis da Itaipu Binacional deu início ao desafio de elaborar e implantar a geração de energia elétrica com biomassa residual animal em propriedades da agricultura familiar, visando reduzir o número de animais necessários para viabilizar a Geração Distribuída de Energia.

Bley Jr et. al. (2009) ainda cita que diante do gargalo representado pela escala mínima de produção, a saída encontrada foi a de gerar biogás em conjuntos

de empreendimentos rurais e, em seguida, transportá-lo através de um gasoduto para ser utilizado em uma microcentral de geração de energia. Em outras palavras, a saída para a agricultura familiar acessar o ambiente de geração de energia com resíduos da agropecuária é o associativismo, como é o caso do Condomínio de Agroenergia Ajuricaba, instalado no município de Marechal Cândido Rondon/PR. Os parâmetros utilizados para a implantação do projeto estão apresentados no Quadro 3.3.

QUADRO 3.3 - PARÂMETROS EMPREGADOS NOS CÁLCULOS

SUINOCULTURA		
Produção diária de dejetos pelos suínos	12	L/cab/dia
n° de lotes anuais	2,9	lotes/ano
BOVINOCULTURA LEITEIRA		
Produção diária de dejetos pelos bovinos	32	L/cab/dia
Tempo de permanência dos bovinos no estábulo	12	horas
% das vacas em lactação	80	%
DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR		
Tempo de retenção na caixa de sedimentação	1	dia
Custo de referência da caixa de sedimentação	75	R\$/m ³ instalado
Tempo de retenção no biodigestor	30	dias
Custo de referência do biodigestor	150	R\$/m ³ instalado
Tempo de retenção da lagoa secundária	120	dias
Custo de referência da lagoa secundária	4,5	R\$/m ³ instalado
CÁLCULO DO BIOFERTILIZANTE		
% do biofertilizante aproveitado	70	%
BIOFERTILIZANTE DOS SUÍNOS		
Nitrogênio (N)	0,0019	ton / m ³ de efluente
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,0015	ton / m ³ de efluente
Potássio (K ₂ O)	0,0008	ton / m ³ de efluente
BIOFERTILIZANTE DA BOVINOCULTURA LEITEIRA		
Nitrogênio (N)	0,0006	ton / m ³ de efluente
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,0003	ton / m ³ de efluente
Potássio (K ₂ O)	0,0008	ton / m ³ de efluente
PREÇO DOS BIOFERTILIZANTES		
		Preço (R\$/ton)
Uréia (45% de N)		700
Superfosfato simples (18% de P ₂ O ₅)		430
Cloreto de Potássio (60% de K ₂ O)		1700

Fonte: Projeto Condomínio de Energia para a Agricultura Familiar, 2009.

A implantação do Condomínio de Agroenergia Ajuricaba é resultado da parceria firmada entre a Itaipu Binacional, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento do Paraná, Copel, Prefeitura de Marechal Rondon, Embrapa (Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves), Iapar, Emater/PR, Fundação Parque Tecnológico Itaipu e Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (Itai). A iniciativa envolveu propriedades rurais de agricultura familiar da Bacia do Rio Ajuricaba. O principal objetivo foi gerar energia a partir de dejetos da agropecuária, ou seja, materiais necessários para a produção de biogás que são os resíduos e dejetos de bovinos e suínos produzidos nas propriedades que compõem o sistema. Além disso, a instalação, construção e operacionalidade da produção de energia renovável, a partir do biogás em sistema de condomínio, estava integrada ao Programa Cultivando Água Boa da Itaipu sendo que a Microbacia do Ajuricaba é a primeira a ser trabalhada pelo programa.

De acordo com ITAIPU Binacional (2009) a metodologia operacional para fornecer energia elétrica à rede é denominada Geração Distribuída, que consiste na geração de energia próximo ao local onde ocorre a demanda. Esta metodologia está instituída no Brasil através do Decreto Presidencial 5.163/04, cuja complementação através de normas específicas ocorreu sob os auspícios da Itaipu Binacional e Companhia Paranaense de Energia – Copel, como é o caso da Resolução Aneel 390/2009 em que qualquer distribuidora de energia elétrica pode fazer chamadas públicas para comprar eletricidade produzida por biodigestores. Seguindo as exigências da Aneel em relação à qualidade da energia, os produtores poderão enviar a eletricidade para a linha de distribuição, em vez de somente consumir.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Entre Rios do Oeste, localizado na região oeste do estado do Paraná, nas coordenadas 24°42'20,1" e 54°14'32,0" possui como limites o Município de Pato Bragado ao norte, Santa Helena e São José das Palmeiras ao sul, Marechal Cândido Rondon ao leste e o Reservatório de Itaipu ao oeste.

Este município está inserido na Bacia do Paraná 3 (Figura 4.1) e tem seu território drenado por dois importantes rios da região, Rio São Francisco Verdadeiro e Rio São Francisco Falso, que carregam os nutrientes da bacia para o Reservatório, criando condições para que se iniciem processos de eutrofização, e, com isso, a degradação da qualidade das águas do Reservatório.

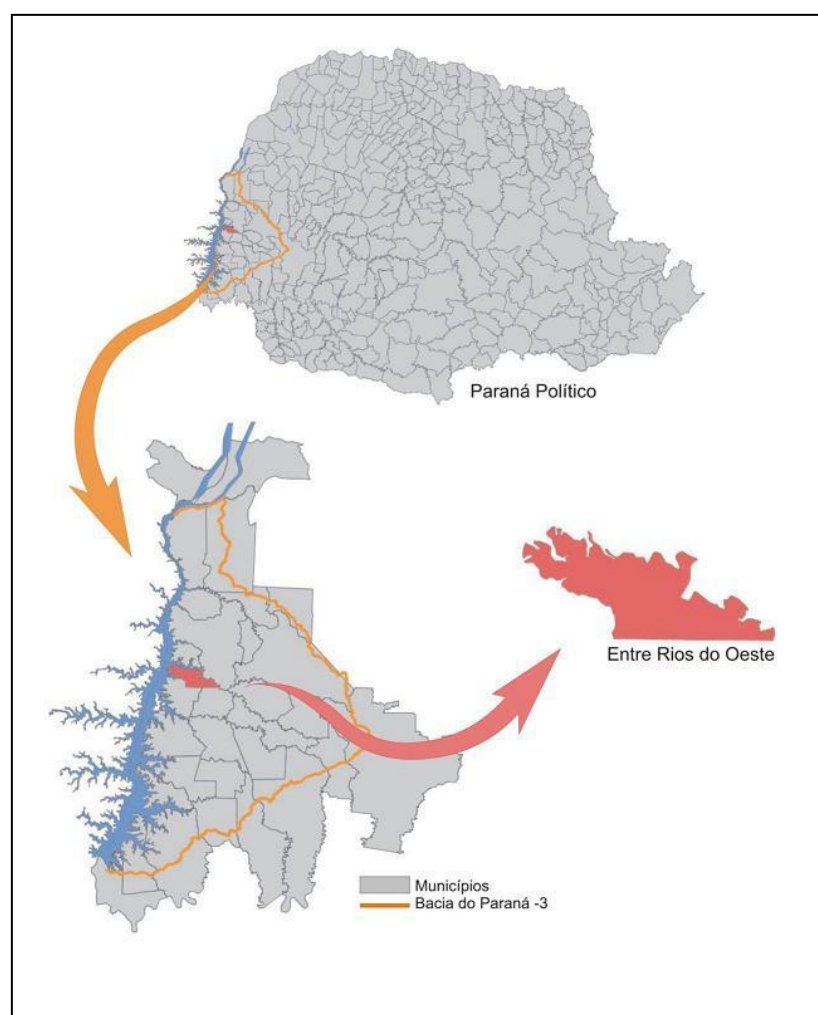


Figura 4.1 – Microlocalização do Município de Entre Rios do Oeste

O Município possui seis microbacias hidrográficas (Figura 4.2), sendo que a Microbacia do Rio Facão Torto é uma das mais importantes delas, por abranger o perímetro urbano e alguns dos principais consumidores de energia do município, motivo pelo qual foi escolhida para este estudo.

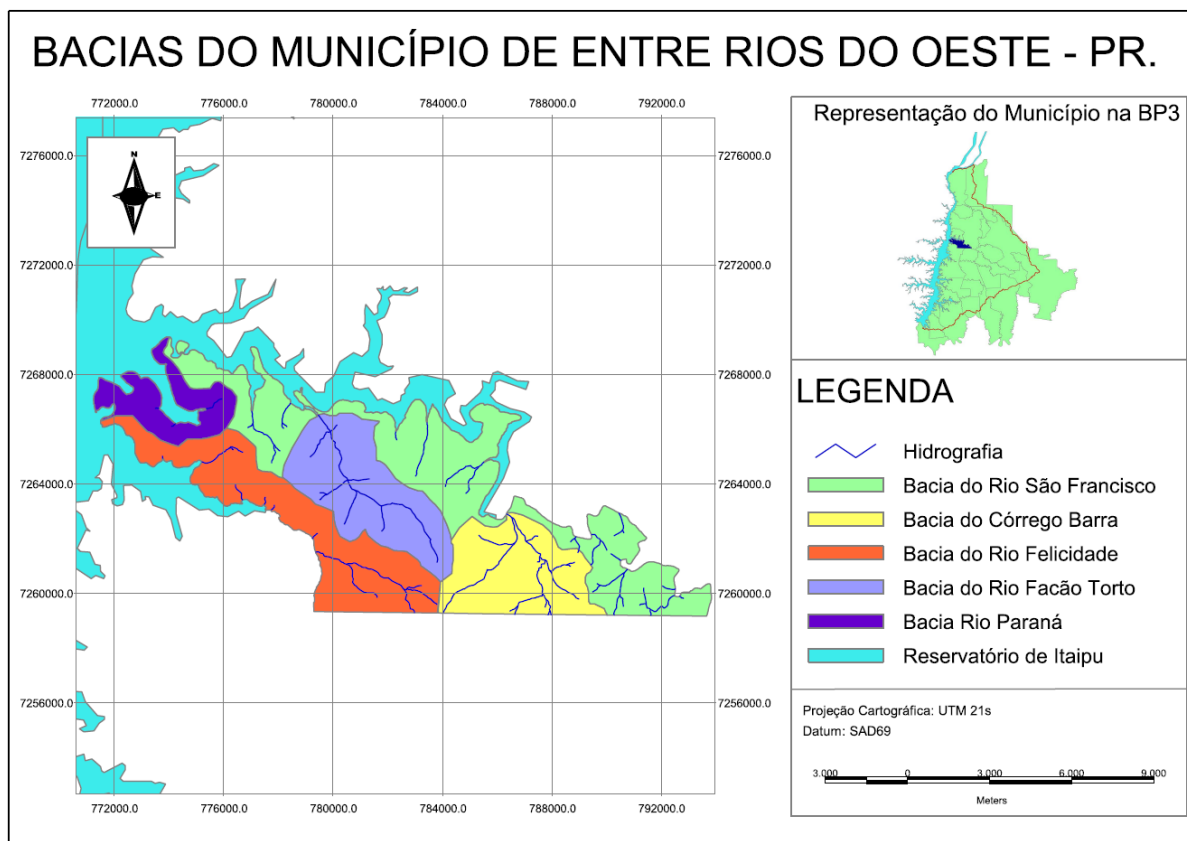


Figura 4.2 – Microbacias do Município de Entre Rios do Oeste

Fonte: Plano Municipal de Gestão de Recursos Hídricos (2009)

4.2 PERFIL ECONÔMICO E ENERGÉTICO DA ÁREA EM ESTUDO

A partir da Matriz Energética Municipal (Figura 4.3) é possível observar que o Município tem sua economia voltada principalmente para as atividades rurais, como o transporte e a secagem de grãos, o que permite a substituição da energia gera pelas fontes convencionais atualmente utilizadas.

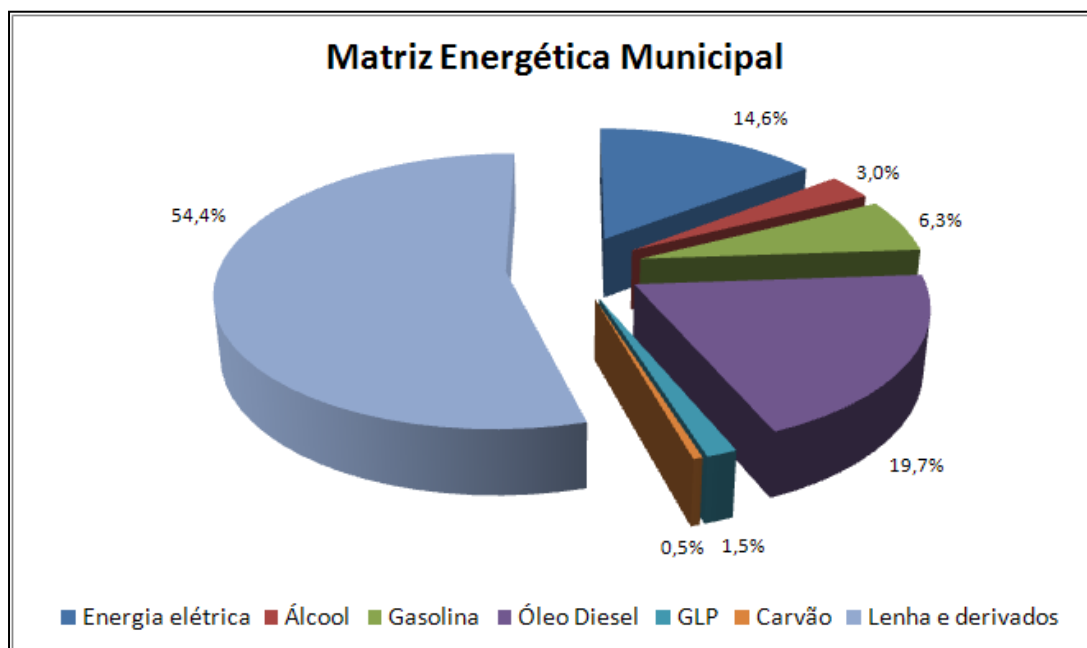


Figura 4.3 – Matriz Energética Municipal

Fonte: Diagnóstico Energético Municipal de Entre Rios do Oeste (2009)

Além disso, a Microbacia do Rio Facão Torto também abriga uma indústria cerâmica com capacidade de produção significativa e que consome lenha para a secagem dos tijolos. No sistema convencional utilizado, os 14 fornos existentes operam durante 24 horas seguidas e consomem principalmente Eucalipto proveniente do Município vizinho de Santa Helena.

4.3 LEVANTAMENTO DO PLANTEL ANIMAL

O levantamento do plantel na área em estudo foi obtido a partir do Plano de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Município, que foi concluído em 2009 e identificou, por meio de georreferenciamento, todas as fontes de poluição orgânica geradas, dentre elas, a suinocultura. Importante ressaltar que em função do desenvolvimento econômico da região, os produtores rurais tendem a aumentar a produção na tentativa de obter melhor viabilidade do negócio. Sendo assim, as estimativas realizadas neste trabalho se referem ao plantel instalado no ano de 2009.

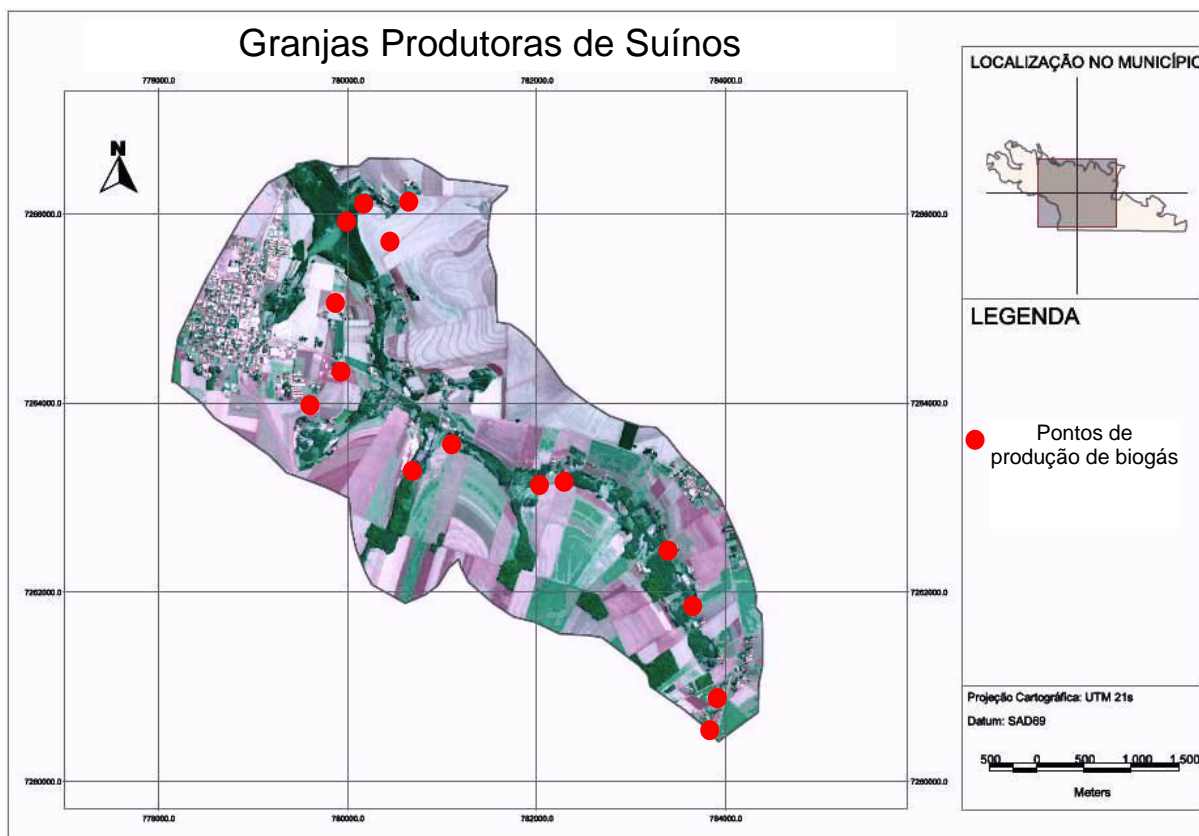
Foram levantadas as categorias de matriz, reprodutor, suíno em terminação, leitão em creche e leitão em maternidade e os resultados estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Levantamento do Plantel de Suínos

No	Matriz	Reprodutor	Suíno em Terminação	Leitão creche	Leitão maternidade
1			520		
2	220	6		520	200
3			570		
4	1.400	10		3.400	2.000
5			1.100		
6			1.200		
7			1.500		
8			200		
9			900		
10			500		
11			1.200		
12	200	10		500	100
13			600		
14			2.500		
15			700		
TOTAL	1.916	31	11.515	4.620	2.600

Fonte: PMGRH – Entre Rios do Oeste, 2010

O plantel total instalado na Bacia Hidrográfica do Rio Facão Torto é de 20.682 suínos distribuídos em 15 granjas localizadas ao longo de toda a extensão do Rio (Figura 4.4). Destas, 3 são unidades produtoras de leitão (UPL) e 12 são de engorda dos leitões para a terminação.



Para viabilizar a estimativa de custos para a construção das instalações de tratamento da biomassa, foram levantadas somente as suinoculturas com sistemas de Terminação e UPL (Unidade de Produção de Leitões), devido ao elevado número de animais confinados nestes sistemas. As demais modalidades de suinoculturas como o sistema de Ciclo Completo, com produção menor que 200 animais não foram consideradas neste estudo, pois não geram biomassa capaz de viabilizar a construção de biodigestores rurais.

A partir do levantamento realizado na Microbacia Hidrográfica do Rio Facão Torto, os dados foram organizados em planilha eletrônica, de modo a separar as categorias de suínos, como Matrizes, Reprodutores, Maternidade, Creche e Terminação, viabilizando assim as estimativas de geração de biogás.

4.3 ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE

Para estimar a geração de biogás a partir da biomassa residual animal proveniente da suinocultura, foram utilizadas as diretrizes do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), através da publicação *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, de 2006, um guia para estudos nacionais sobre gases do efeito estufa (GEE's).

O documento “Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa – IPCC (2006)” foi elaborado para subsidiar estudos mundiais e nacionais sobre produção de gases do efeito estufa e para dar suporte à estrutura Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. O documento contempla metodologias focadas a:

1. Energia;
2. Processos industriais e uso de produtos;
3. Agricultura, silvicultura e outros usos da terra; e
4. Rejeitos;

Para este estudo foi utilizada a metodologia consolidada no Volume 4, Capítulo 10, a qual trata das questões de emissões oriundas da criação de animais e dejetos.

Os dados de biomassa residual animal foram expressos em relação ao número de cabeças/ano e sua produção de metano foi obtida a partir das equações 4.1 e 4.2.

$$CH_4 = \sum_{Categoria} \left(\frac{EF_{Categoria} \times N_{Categoria}}{10^6} \right) \quad \text{Eq. 4.1}$$

Em que:

CH_4 = Emissões referentes ao gerenciamento de dejetos por determinada população em $GgCH_4$ / ano;

EF = Fator de emissão para determinada população de animais, $kg CH_4$ / Cabeça.ano, e

N = Número de animais por categoria em unidade territorial (Plantel Instalado).

$$EF_{Categoria} = (SV_T \times 365) \times \left[B_0 \times 0,67 \text{ kg/m}^3 \times \sum_{\text{Sistema}} \frac{MCF}{100} \times MS_{Categoria} \right] \quad \text{Eq. 4.2}$$

Em que:

EF = fator de emissão anual de CH₄ por categoria, kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹;

SV = sólidos voláteis excretados diariamente por categoria, kg de massa seca⁻¹ dia⁻¹;

365 = base para calcular a produção anual de SV, dias ano⁻¹;

B₀ = capacidade máxima de produção de metano por dejetos produzidos pela categoria, m³ CH₄ kg⁻¹ de SV excretado;

0.67 = fator de conversão de m³ CH₄ para quilogramas de CH₄;

MCF = fatores de conversão de metano para cada sistema de gerenciamento de dejetos pelo clima local, %, e

MS = Fração de dejetos de animais, manejada por determinado sistema na região.

Informações específicas em relação a algumas variáveis:

Quadro 4.1 – Variáveis Utilizadas para a Estimativa de Emissão

Categoria	Peso (kg)	Sólidos Voláteis (kg/dia)
Reprodutores	198,0	0,46
Creche	14,5	0,09
Maternidade	3,5	0,02
Terminação	50,0	0,30

B₀	
0,45	(m ³ CH ₄ / kg SV)
MCF	
0,78	%
Porcentagem de CH₄ no Biogás	
60	%

SV - Sólidos Voláteis

Sólidos Voláteis representam a material orgânica nos dejetos produzidos e consistem de frações biodegradáveis e não-biodegradáveis. Caso não existam dados de medições em campo sobre a produção de sólidos voláteis (como é o caso deste estudo), é possível obter uma estimativa deste parâmetro para a realidade da América do Sul no Anexo 10.A.2, capítulo 10, Volume 4 do IPCC, 2006.

B₀ – Capacidade máxima de produção de metano

A capacidade máxima de produção de metano varia de acordo com a espécie e a alimentação. O método preferido para se obter os valores de B₀ é utilizar dados específicos de cada país, medidos a partir de metodologias padronizadas, porém, da mesma maneira que os SV, caso não existam medições padronizadas deste parâmetro, é possível obter uma estimativa nos anexos 10.A.4 a 10.A.9, capítulo 10, Volume 4 do IPCC, 2006.

MCF – Fatores de conversão de metano para cada sistema de gerenciamento

Fatores de conversão de metano são disponibilizados na Tabela 10.17 do capítulo 10 da metodologia citada para diferentes sistemas de gerenciamento de dejetos e variações médias anuais de temperatura. O MCF é determinado para um sistema específico de gerenciamento de dejetos e representa o grau em que o B₀ é atingido. O valor de geração de metano para um sistema de gerenciamento específico é afetado pela condição anaeróbia presente, temperatura do sistema e o tempo de retenção da matéria orgânica no sistema.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE GESTÃO DO BIOGÁS

Para realizar o estudo de viabilidade econômica, consideraram-se dois cenários, sendo um CENÁRIO “A” onde o tratamento é descentralizado e o biogás gerado é distribuído por biogasodutos e outro CENÁRIO “B” onde os dejetos são coletados por caminhões e o tratamento é centralizado, sendo o biogás gerado também distribuído por biogasoduto. Em ambos os cenários a quantidade de dejetos a ser digerida é exatamente a mesma. A análise levou em conta os seguintes critérios:

Quadro 4.2 – Variáveis utilizadas para a construção dos dois cenários

VARIÁVEIS ¹	CENÁRIO A	CENÁRIO B
CUSTOS		
Biodigestores	15 individuais	2 de grande porte
Biogasoduto	Implantação para coleta e distribuição do biogás	Implantação para distribuição do biogás
Biogás	Compra de biogás dos produtores rurais	Não há necessidade
Dejetos	Não há necessidade	Compra de dejetos dos produtores rurais
Transporte	Não há necessidade	Aquisição de 3 caminhões
Combustível	Não há necessidade	Diesel para os caminhões
Área	Não há necessidade	Aquisição de terreno para implantação dos biodigestores
Mão de obra para operação	5% do custo de implantação	15% do custo de implantação
RECEITAS		
Biogás	Venda aos consumidores	Venda aos consumidores
Custo evitado com biofertilizante	Gerado na propriedade rural	Gerado na central de tratamento
Créditos de carbono	Não considerado	Não considerado
Geração distribuída	Não considerado	Não considerado

¹ Considera-se que o produtor rural e a Prefeitura Municipal já possuem equipamentos para realizar a aplicação dos biofertilizantes

Quadro 4.3 – Identificação da responsabilidade sobre os investimentos

VARIÁVEIS	CENÁRIO A	CENÁRIO B
Biodigestores	Produtor Rural	Investidor
Biogasoduto	Investidor	Investidor
Biogás	Investidor	Não se aplica
Dejetos	Não se aplica	Investidor
Transporte	Não se aplica	Investidor
Combustível	Não se aplica	Investidor
Área	Produtor Rural	Investidor/Prefeitura ²
Mão de obra para operação	Produtor Rural	Investidor

Para ambos os casos foi realizada uma análise financeira, considerando:

- Índices de avaliação e análise dos prazos de recuperação do capital;
- Taxas de rentabilidade do capital investido;
- Retorno financeiro do investimento.

A análise financeira é feita sobre o fluxo de caixa do empreendimento a ser avaliado. Alguns parâmetros, calculados a partir do fluxo de caixa, são utilizados para verificar a viabilidade econômica dos empreendimentos. O primeiro é o VPL (Valor Presente Líquido), calculado utilizando-se a Equação 4.3 (GITMAN, 2002).

Equação 2 – Cálculo financeiro

$$VPL = \sum_{t=1}^n (FC_t / (1 + k^t)) - I_0$$

Eq. 4.3

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido. Representa o balanço do fluxo de caixa do empreendimento ao longo dos anos, trazido para o presente. Reconhece o valor do dinheiro no tempo e reflete o aumento de riqueza para o investidor. O VPL deve ser positivo para que o empreendimento seja viável. Quanto maior for o valor do VPL melhor. Em geral é expresso em reais (R\$);

FC = Valor Futuro Considerado. É o valor de despesa ou receita do fluxo de caixa que se deseja trazer para o valor presente (VPL).

² Em algumas situações pode existir a possibilidade de utilização de terreno público ou em comodato, o que reduz este custo com investimento.

n = Período de Análise. Geralmente em anos. Analisa-se a viabilidade financeira de um empreendimento para um horizonte, por exemplo, de 10 anos. Neste caso, $n=10$;

t = Tempo do Fluxo de Caixa. Correspondente ao valor futuro considerado (FC) Se $n=10$, t varia de 1 a 10;

k = Taxa de Remuneração do Capital. É um percentual de correção dos valores no tempo.

I_0 = Investimento Inicial. Feito no tempo 0 do fluxo de caixa, ou seja, no momento presente, em que $t=0$.

Outro parâmetro de análise considerado é a TIR (Taxa Interna de Retorno). Para verificar se um empreendimento é viável financeiramente, a TIR deve ser comparada à TMA (Taxa Mínima de Atratividade).

- TMA = Taxa Mínima de Atratividade. Também chamada de custo de oportunidade, representa o percentual de remuneração do capital investido no mercado financeiro, caso a decisão seja não investi-lo no empreendimento.
- TIR = Taxa Interna de Retorno. É a taxa de remuneração do capital investido e resulta do fluxo de caixa do projeto. O empreendimento é atrativo se a TIR for maior que a TMA. Utiliza-se o índice TMA/TIR que expressa esta relação. Quanto mais baixo for o resultado deste índice, melhor é o empreendimento. A TIR é obtida da mesma Equação 2, fazendo-se $VPL = 0$ (zero);

Para saber em quanto tempo o empreendimento começará a dar retorno, utiliza-se o *payback*.

- *Payback* = tempo necessário para que os fluxos de caixa positivos cubram os fluxos de caixa negativos do projeto. É normalmente expresso em anos. A decisão é tomada comparando o *payback* do projeto com um período de corte adotado para o empreendimento (período de análise " n ");

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função da grande maioria das granjas estarem localizadas próximas ao curso d'água, os dejetos produzidos, que possuem elevada carga poluente, chegam com facilidade ao rio caso o sistema de captação e tratamento não seja operado adequadamente.

Sendo assim, justifica-se a implantação de um sistema capaz de aproveitar este resíduo e tratá-lo de maneira a gerar subprodutos capazes de agregar valor à propriedade rural, ao mesmo tempo em que reduz significativamente a carga poluente lançada no solo e nos cursos d'água.

5.1 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE DEJETOS E BIOGÁS

Com base na metodologia expressa em IPCC (2006) foram estimadas as produções de dejetos e biogás para cada propriedade rural, sendo que os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Estimativa da produção de dejetos e biogás

PROP.	DEJETOS (m ³ /ano)	BIOGÁS (m ³ /ano)
1	2.277,6	33.309,9
2	2.403,1	33.045,1
3	2.496,6	36.512,8
4	15.651,2	212.372,0
5	4.818,0	70.463,3
6	5.256,0	76.869,0
7	6.570,0	96.086,3

Tabela 5.1 – Estimativa da produção de dejetos e biogás (CONTINUAÇÃO)

PROP.	DEJETOS (m ³ /ano)	BIOGÁS (m ³ /ano)
8	876,0	12.811,5
9	3.942,0	57.651,8
10	2.190,0	32.028,8
11	5.256,0	76.869,0
12	2.160,8	30.662,2
13	2.628,0	38.434,5
14	10.950,0	160.143,8
15	3.066,0	44.840,3
TOTAL	70.541,3	1.012.100,0

O volume total de biogás produzido na Bacia é de aproximadamente 1.012.100 m³/ano. Este material, dotado de valor econômico, pode ser utilizado diretamente no aquecimento em fornos industriais, convertido em energia elétrica após tratamento para remoção de água e H₂S (Gás Sulfídrico) ou comprimido e utilizado como gás veicular. O transporte do biogás, feito por meio de biogasodutos enterrados a uma profundidade média de 0,5 metros, possibilita o envio deste gás até as unidades consumidoras.

5.2 CONSUMIDORES COM POTENCIAL PARA O APROVEITAMENTO DO BIOGÁS

Na Bacia Hidrográfica do Rio Facão Torto estão instaladas algumas unidades consumidoras de energia, tanto térmica, quanto elétrica e que possuem potencial para substituição da fonte convencional pelo biogás gerado por dejetos suínos.

Dentre estas unidades pode-se citar o Paço Municipal, consumidor de energia elétrica para iluminação e equipamentos, três cerealistas, consumidoras de energia elétrica e térmica para a secagem de grãos, dois aviários, consumidores de energia

elétrica para aquecimento das aves e uma indústria cerâmica consumidora de energia térmica para secagem de tijolos.

Para fins deste estudo, foram selecionadas as três cerealistas e a indústria cerâmica para a substituição da fonte convencional de energia térmica por biogás. Isto devido ao fato de que estas quatro unidades consomem energia térmica de maneira direta, sem a necessidade de transformação do biogás em energia elétrica em grupos moto-geradores ou em gás veicular, o que necessitaria maior aprofundamento teórico deste tema específico. As quatro unidades estão identificadas no mapa da Figura 5.1.

Com relação à sazonalidade de consumo, as três cerealistas consomem a energia térmica para a secagem dos grãos em dois períodos do ano, sendo o primeiro entre janeiro e abril e o segundo entre julho a outubro. Já a indústria cerâmica opera seus fornos de secagem durante todo o ano.

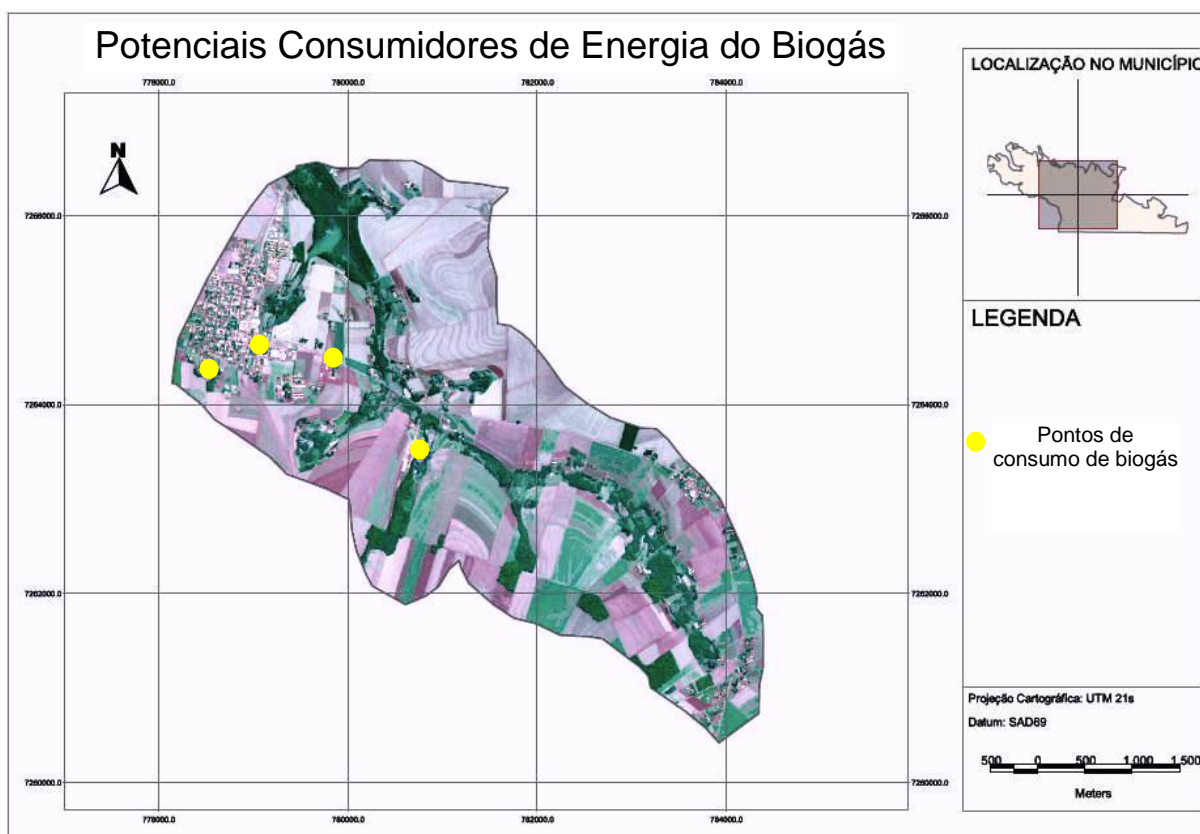


Figura 5.1 – Localização das unidades com potencial para consumo de biogás

5.3 LOGÍSTICA DE GERENCIAMENTO DOS DEJETOS E BIOGÁS

Para o recolhimento dos dejetos e a distribuição do biogás foram analisadas duas possibilidades, sendo elas:

CENÁRIO “A”

O tratamento sanitário dos dejetos é realizado individualmente por meio de biodigestores em cada propriedade rural e o biogás gerado é recolhido por meio de biogasodutos ligados entre as propriedades rurais e os consumidores de energia.

Considerando-se o volume de dejetos produzidos de acordo com a Tabela 5.1 e um Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de aproximadamente 30 dias, é possível obter o volume necessário para tratar os dejetos em biodigestores tipo canadense, assim como o custo médio praticado pelo mercado para a construção deste sistema de tratamento (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Dimensão e custos dos biodigestores individuais

PROP.	VOUME DO BIODIGESTOR	CUSTO BIODIGESTOR
	(m ³)	(R\$)
1	219	50.000,00
2	184	50.000,00
3	240	60.000,00
4	1.201	90.000,00
5	370	60.000,00
6	505	60.000,00
7	625	62.000,00
8	86	50.000,00
9	377	60.000,00
10	213	50.000,00
11	403	60.000,00
12	208	50.000,00
13	253	60.000,00
14	840	90.000,00
15	235	60.000,00
TOTAL	5.959	912.000,00

Já para o biogasoduto principal, seriam necessários aproximadamente 9.740 metros de rede para realizar a coleta e a distribuição do biogás gerado em cada propriedade rural. Este biogasoduto consiste em tubulações de PEAD que, preferencialmente, seguem o traçado do arruamento para evitar desapropriações e maiores custos de manutenção, como mostra a Figura 5.2.

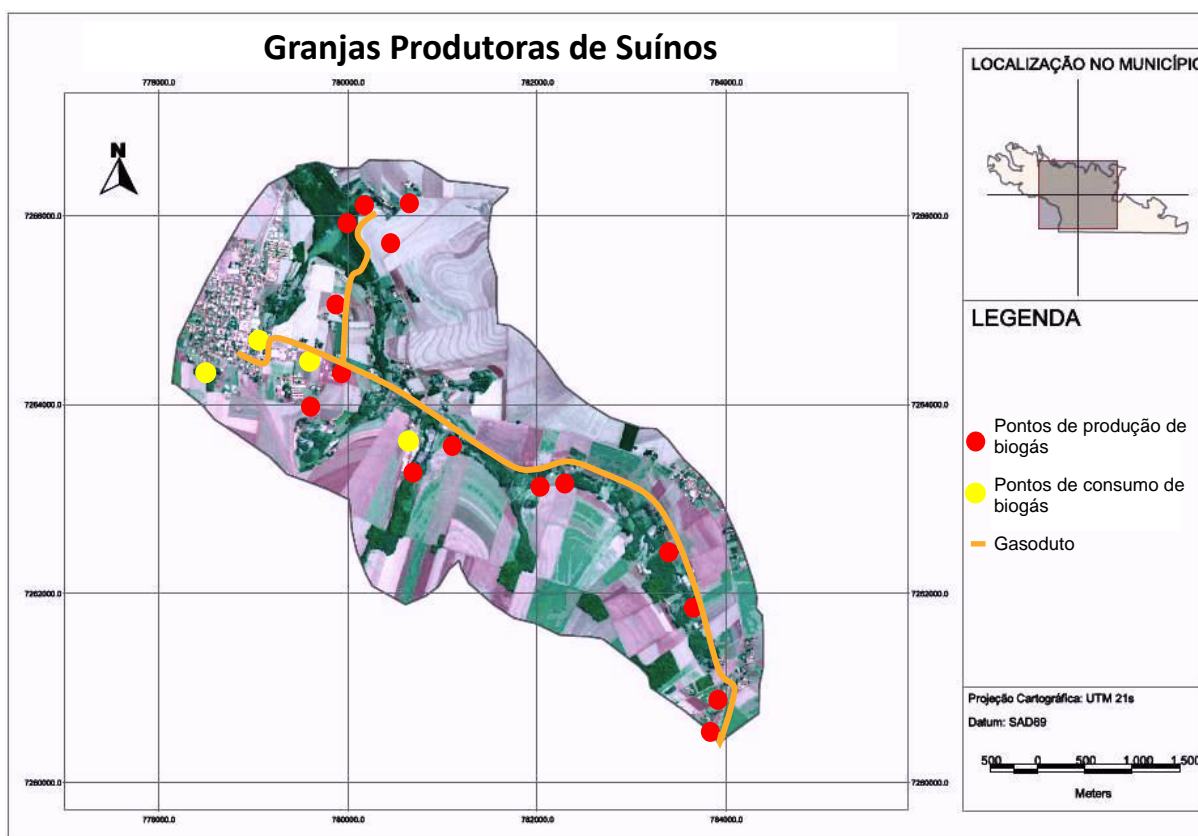


Figura 5.2 – Identificação do biogasoduto

Como a quantidade de tubulação necessária para implantar os gasodutos com a finalidade de ligar o biodigestor individual ao biogasoduto principal irá depender do local onde os biodigestores individuais serão instalados, foi considerado um valor de 20% da tubulação do biogasoduto principal (1.948 metros), totalizando 11.688 metros.

Adotando-se um valor médio de R\$ 40,00 por metro de biogasoduto implantado, de acordo com os valores médios praticados pelo mercado, o custo de implantação deste sistema é de aproximadamente R\$ 467.520,00.

CENÁRIO “B”

Os dejetos gerados em cada propriedade são recolhidos por um caminhão limpa fossa e transportados até uma central de tratamento onde estão instalados biodigestores de grande porte. Já o biogás gerado é transportado por meio de biogasodutos até os consumidores de energia. Após o tratamento os dejetos transformados em biofertilizantes ficam disponíveis aos produtores rurais sem custo. Todo o biofertilizante gerado pode ser utilizado visto que não existem problemas de falta de área produtiva no Município.

De acordo com as Tabelas 5.1 e 5.2, as propriedades rurais gerariam juntas, aproximadamente 70.540 m³/ano de dejetos sendo necessário um volume útil de aproximadamente 6.000 m³ de biodigestor.

Para que se possam prever melhores condições de segurança quanto ao desempenho do sistema de tratamento, considerou-se neste trabalho a construção de dois biodigestores com volume útil de 3.000 m³, ao custo médio praticado pelo mercado de R\$ 130.000,00 cada um.

Para o sistema de coleta foi considerada a aquisição de três caminhões Limpa Fossa com tanque com capacidade para 8m³ ao preço aproximado de R\$ 110.000,00 cada.

O biogasoduto necessário para ligar a central de tratamento às unidades consumidoras de biogás deverá possuir uma extensão de aproximadamente 2.850 metros ao custo de R\$ 114.000,00.

O valor do terreno utilizado para a implantação dos biodigestores de grande porte, escritório e garagem para os caminhões limpa-fossa foi estimado em R\$ 100.000,00, com base nos valores praticados pelo mercado local.

Considerando-se a produção de dejetos, a distância entre cada propriedade rural, uma central de tratamento localizada no centro da bacia e um consumo médio de diesel de 4 km/l ao preço de R\$ 2,00 por litro, pôde-se obter o custo diário com combustível para a coleta dos dejetos gerados de 79,22 R\$/dia. Os valores calculados estão apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Custo diário com combustível para a coleta de dejetos

Propriedade	Produção de Dejetos	Coletas por dia com caminhão Limpa Fossa	Distância entre a propriedade e a central	Custo com combustível
	(m ³ /dia)	Capacidade de 8 m ³	(km)*ida e volta	(R\$/dia)
1	6	1	5,3	2,66
2	7	1	14,4	7,19
3	7	1	11,9	5,94
4	43	5	1,5	3,67
5	13	2	8,4	8,44
6	14	2	5,3	5,31
7	18	2	1,9	1,91
8	2	1	1,4	0,69
9	11	2	5,3	5,31
10	6	1	16,4	8,22
11	14	2	5,3	5,31
12	6	1	17,6	8,80
13	7	1	5,3	2,66
14	30	4	4,4	8,75
15	8	1	8,8	4,38
TOTAL	193	27	113	79,22

A Tabela 5.5 apresenta um resumo dos custos gerais para implantação e operação dos dois sistemas estudados. Além dos custos gerais apresentados, existem outros custos secundários como, impostos, capacitação e seguros que não foram abordados neste trabalho em função de sua complexidade.

Tabela 5.5 – Tabela resumo de custos gerais de implantação para as duas situações estudadas

VARIÁVEL	SITUAÇÃO	
	"A"	"B"
Biodigestores	---	R\$ 260.000,00
Gasoduto	R\$ 467.520,00	R\$ 114.000,00
Caminhão Limpa Fossa	---	R\$ 330.000,00
Terreno e Instalações	---	R\$ 100.000,00
TOTAL	R\$ 467.520,00	R\$ 804.000,00

5.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a avaliação de viabilidade do Cenário "A", além dos custos de implantação, foi considerado o custo de pagamento de R\$ 0,10 por m³ de biogás ao produtor rural e a venda de biogás a R\$ 0,30 por m³ aos consumidores e um custo estimado de operação de 5% do valor do investimento, conforme a Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Análise de Viabilidade para o Cenário "A"

Investimentos	Valor
11,68 Km Gasoduto	R\$ 467.520,00
TOTAL	R\$ 467.520,00
Custos anuais (10 anos iniciais)	Valor
Operação (10% do investimento)	R\$ 46.752,00
Compra do Biogás	R\$ 101.210,00
TOTAL	R\$ 147.962,00
Receitas	Valor
Venda do biogás	R\$ 303.630,00
TOTAL	R\$ 303.630,00

Tabela 5.6 – Análise de Viabilidade para o Cenário “A” (CONTINUAÇÃO)

Indicadores Financeiros	Valor
VPL	R\$ 313.299,67
Payback Simples	4 anos
TMA	15%
TIR	31%
TMA/TIR	0,48

Este cenário apresentou viabilidade positiva, tempo de retorno de 4 anos e alta atratividade visto que a relação atratividade/retorno foi relativamente baixa.

Com o intuito de implantar um ‘negócio ambiental’ e considerando o investimento em biodigestores pelo próprio produtor rural, foi também realizada uma análise de viabilidade individual para cada produtor. Este teria o retorno do investimento com a venda de biogás e a utilização do biofertilizante gerado em sua propriedade, e que após o tratamento no biodigestor está adequado para a aplicação no solo. Os resultados estão apresentados nas tabelas 5.7 e 5.8 e foram calculados de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 5.7 – Estimativa de produção e renda com o biofertilizante

Prop.	DEJETOS (m ³ /ano)	NITROGÊNIO (ton N)	R\$/ano	FÓSFORO (ton P ₂ O ₅)	R\$/ano	POTÁSSIO (ton K ₂ O)	R\$/ano
1	2.277,60	4,35	3.045,15	3,30	1.420,08	1,82	3.097,54
2	2.403,16	4,59	3.213,02	3,48	1.498,37	1,92	3.268,30
3	2.496,60	4,77	3.337,95	3,62	1.556,63	2,00	3.395,38
4	15.651,20	29,89	20.925,65	22,69	9.758,52	12,52	21.285,63
5	4.818,00	9,20	6.441,67	6,99	3.004,02	3,85	6.552,48
6	5.256,00	10,04	7.027,27	7,62	3.277,12	4,20	7.148,16

Tabela 5.7 – Estimativa de produção e renda com o biofertilizante (CONTINUAÇÃO)

Prop.	DEJETOS (m ³ /ano)	NITROGÊNIO (ton N)	R\$/ano	FÓSFORO (ton P ₂ O ₅)	R\$/ano	POTÁSSIO (ton K ₂ O)	R\$/ano
7	6.570,00	12,55	8.784,09	9,53	4.096,40	5,26	8.935,20
8	876,00	1,67	1.171,21	1,27	546,19	0,70	1.191,36
9	3.942,00	7,53	5.270,45	5,72	2.457,84	3,15	5.361,12
10	2.190,00	4,18	2.928,03	3,18	1.365,47	1,75	2.978,40
11	5.256,00	10,04	7.027,27	7,62	3.277,12	4,20	7.148,16
12	2.160,80	4,13	2.888,99	3,13	1.347,26	1,73	2.938,69
13	2.628,00	5,02	3.513,64	3,81	1.638,56	2,10	3.574,08
14	10.950,00	20,91	14.640,15	15,88	6.827,33	8,76	14.892,00
15	3.066,00	5,86	4.099,24	4,45	1.911,65	2,45	4.169,76
TOTAL	70.541,36	134,73	94.313,80	102,28	43.982,54	56,43	95.936,25

Tabela 5.8 – Viabilidade econômica da implantação do biodigestor

Prop.	IMPLANTAÇÃO (R\$)	RENDA BIOGÁS (R\$)	RENDA BIOF. (R\$)	RENDA TOTAL (R\$)	TR (anos)
1	R\$ 50.000,00	R\$ 4.258,34	R\$ 7.562,77	R\$ 11.821,11	4,2
2	R\$ 50.000,00	R\$ 3.124,81	R\$ 7.979,69	R\$ 11.104,50	4,5
3	R\$ 60.000,00	R\$ 4.667,79	R\$ 8.289,96	R\$ 12.957,75	4,6
4	R\$ 90.000,00	R\$ 20.027,36	R\$ 51.969,81	R\$ 71.997,16	1,3
5	R\$ 60.000,00	R\$ 9.008,02	R\$ 15.998,17	R\$ 25.006,19	2,4
6	R\$ 60.000,00	R\$ 9.826,93	R\$ 17.452,55	R\$ 27.279,48	2,2
7	R\$ 62.000,00	R\$ 12.283,67	R\$ 21.815,69	R\$ 34.099,35	1,8
8	R\$ 50.000,00	R\$ 1.637,82	R\$ 2.908,76	R\$ 4.546,58	11,0
9	R\$ 60.000,00	R\$ 7.370,20	R\$ 13.089,41	R\$ 20.459,61	2,9
10	R\$ 50.000,00	R\$ 4.094,56	R\$ 7.271,90	R\$ 11.366,45	4,4
11	R\$ 60.000,00	R\$ 9.826,93	R\$ 17.452,55	R\$ 27.279,48	2,2
12	R\$ 50.000,00	R\$ 2.908,50	R\$ 7.174,94	R\$ 10.083,44	5,0
13	R\$ 60.000,00	R\$ 4.913,47	R\$ 8.726,27	R\$ 13.639,74	4,4
14	R\$ 90.000,00	R\$ 20.472,78	R\$ 36.359,48	R\$ 56.832,25	1,6
15	R\$ 60.000,00	R\$ 5.732,38	R\$ 10.180,65	R\$ 15.913,03	3,8

Para a avaliação de viabilidade do Cenário “B”, além dos custos de implantação, foi considerada a venda de biogás a R\$ 0,30 por m³ aos consumidores, além de um custo de operação de 15% do valor do investimento, visto a maior complexidade de operação deste cenário (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 – Análise de Viabilidade para o Cenário “B”

INVESTIMENTOS	VALOR
2 Biodigestores	R\$ 260.000,00
2,85 Gasoduto	R\$ 114.000,00
3 Caminhões Limpa Fossa	R\$ 330.000,00
Terreno e Instalações	R\$ 100.000,00
TOTAL	R\$ 804.000,00
DESEMBOLSOS ANUAIS	VALOR
Operação (15% do investimento)	R\$ 120.600,00
Combustível	R\$ 28.915,00
TOTAL	R\$ 149.515,00
RECEITAS	VALOR
Venda do biogás	R\$ 303.630,00
TOTAL	R\$ 303.630,00
INDICADORES FINANCEIROS	VALOR
VPL	- R\$ 30.532,47
Payback Simples	6 anos
TMA	15%
TIR	14%
TMA/TIR	1,07

Este cenário apresentou viabilidade negativa, tempo de retorno de 6 anos e atratividade moderada visto que a relação atratividade/retorno foi próxima a 1,0.

6. CONCLUSÃO

Os resultados aqui alcançados mostram que existem inúmeras possibilidades para a utilização do biogás gerado pela digestão anaeróbia dos dejetos animais e a maneira como este material pode ser gerenciado, considerando um município em sua totalidade ou apenas uma bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Para as situações estudadas neste trabalho, pode-se concluir que a utilização direta do biogás como energia térmica permite a redução de custos de implantação e tem viabilidade econômica.

Com relação aos dois cenários estudados, o cenário “A” (tratamento descentralizado dos dejetos) que propõe um investimento privado, demonstrou ser economicamente mais viável, apresentando um payback simples de 4 anos. Além disso, este cenário possui menor custo de investimento e menores custos de operações.

Em última análise, o cenário “A” permite que os produtores rurais instalem os biodigestores em sua propriedade, agregando responsabilidade quanto ao capital por eles investido. Desta maneira, o tratamento adequado dos dejetos proporcionará a geração anual de 3 toneladas de biofertilizante, gerando uma renda anual estimada em R\$ 235.000,00 para os produtores de suínos da bacia em estudo, garantindo assim a viabilidade econômica de suas implantação.

Faz-se necessário considerar ainda que em ambos os casos o ganho ambiental obtido com o tratamento adequado dos dejetos em relação às emissões de gases de efeito estufa evitadas, redução das fontes pontuais e difusas de poluição das águas e do solo é de extrema importância para garantir a salubridade da microbacia e devem, portanto, serem levados em consideração.

Recomenda-se, para estudos futuros, avaliar detalhadamente as demais possibilidades de utilização do biogás como fonte de energia elétrica e veicular, além da incorporação de dejetos de bovinos de leite com características de semi-confinamento, que podem aumentar consideravelmente a produção de biogás ao serem misturadas com dejetos suínos em biodigestores.

REFERÊNCIAS

AMBIENTEBRASIL. **Energia e Meio Ambiente**. Disponível: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php>. Acesso: 18/12/2010.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993.

BATISTA, L. F. **Manual técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília, 1981.

BLEY Jr, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas Sócioeconômicas e Ambientais**. Itaipu Binacional/FAO. 2009.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMF: Belo Horizonte, 1997.

DEGANUTTI R., PALHACI M. C. J. P., ROSSI, M. et. al. **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada**. Anais do 4º Encontro *de Energia no Meio Rural*. Campinas, 2002.

DIETER, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resoucers**. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.

ELANGO, D.; PULIKESI, M.; BASKARALINGAM, P.; RAMAMURTHI, V.; SIVANESAN, S. **Production of biogas from municipal solid waste with domestic sewage**. Elsevir, B. E.: Chennai, 2006.

FEIDEN, A. Curso de Capacitação em Geração Distribuída de Energia Elétrica. **Substratos Para Produção de Biogás**. Material do Módulo I - Unidade I, 2010.

GADANHA, C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas dno Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991.

GASPAR , R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC: Florianópolis, 2003.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**, Harbra, São Paulo, 2002.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use**. 2006.

ITAIPU BINACIONAL. **Projeto Condomínio de Agroenergia para Agricultura Familiar**. Foz do Iguaçu, 2009.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira: Resultados Preliminares de 2008**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso: 18/12/2010.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2004.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A; BUDIÑO, F.E.L. **BIODIGESTORES – Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária** . 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ENTRE RIOS DO OESTE. **Plano Municipal de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Entre Rios do Oeste, 2010.

RAPPORT, J.; ZHANG, R.; JENKINS, B. M.; WILLIAMS, R. B. **Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste**. Departamento de Biologia e Engenharia Agrícola da Universidade da Califórnia: Sacramento, 2006.

RATHUNDE, P. H. **Viabilidade Econômica da Geração Distribuída do Biogás de Dejetos Animais no Município de Cruz Machado**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2009.

SCHAEDLER, M. **Estudo do Potencial da Utilização do Biogás Proveniente de Reatores Anaeróbios para Geração de Energia Elétrica e Obtenção de Créditos de Carbono**. Trabalho de Conclusão de Curso. PUCPR: Curitiba, 2008.

SEBRAE. **Relatório Consolidado da Aplicação da Metodologia Sebrae de Redução de Desperdício e Metodologia Sebrae de Eficiência Energética na Suinocultura**. 2006.

SILVA, C. R. A. S. et al. **A biomassa como alternativa energética para o Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais: São Paulo, 2004.