

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENACAO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDERSON FACCO
FERNANDO VIERA DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UM GRUPO MOTOR-GERADOR EM UMA
GRANJA SUINÍCOLA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2012

ANDERSON FACCO
FERNANDO VIEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UM GRUPO MOTOR-GERADOR EM UMA
GRANJA SUINÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1, do Curso de Engenharia Elétrica da Coordenação de Engenharia Elétrica–COELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. M.S.c César Augusto Portolann

PATO BRANCO
2012

RESUMO

FACCO, Anderson. VIEIRA, Fernando dos Santos. Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um grupo motor-gerador em uma granja suinícola. 2011. 59 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

No presente artigo será apresentado um estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um grupo motor-gerador para geração de energia elétrica através da queima do biogás, visando verificar a possível implantação de um sistema integrado de aproveitamento da biomassa gerada por suínos. Este sistema é composto por um biodigestor e um motor-gerador a combustão que fará a queima do biogás e a geração de energia elétrica. Serão demonstrados dados reais quanto a quantidade média de dejetos liberados, quantidade de gás produzida proveniente do biodigestor e especificações do conjunto responsável pela transformação do biogás em energia elétrica. Os dados utilizados serão coletados em uma granja de suínos localizada em Clevelândia, sudoeste do Paraná. A partir dos mesmos pretende-se empregar métodos matemáticos como VPL (Valor Presente Líquido) e o método TIR (Taxa Interna de Retorno). Através destes indicadores fundamentais pretende-se de fato verificar a viabilidade de implantação do sistema biodigestor e motor-gerador para geração de energia elétrica.

Palavras-chaves: Dejetos, Biodigestor, Biogás, Energia Elétrica.

ABSTRACT

FACCO, Anderson. VIEIRA, Fernando dos Santos. Analysis of technical and economic feasibility of implementing a motor-generator group in a swine farm. 2012. 59 f. Project Course Conclusion - Course of Electrical Engineering, Technological Federal University of Paraná. Pato Branco, 2012.

This present article will deal with a study of technical and economical viability to establish of a motor-generator group to generate electricity by burning biogas, in order to verify the possible to introduce an integrate system to make good use of the biomass produced by swine. This system is compound by a biodigestor and a motor-generator, the combustion will burn the biogas and it will generate electricity. It will be demonstrate real datas about the average quantity of manure, quantity of biogas produced from the biodigestor and specifications of the complex responsible by the transformation of biogas in electricity. The data utilized it will be gather in a swine farm located in Clevelândia, southwestern Paraná. From the same data, it is intended to apply mathematical methods such as NPV (Net Present Value) method and the IRR (Internal Rate of Return).). Through these substantial key indicators, it is intended to actually verify the feasibility of deploying of the digester and the motor-generator to produce electricity.

Keywords: Manure, Biodigestor, Biogas, Electric Power.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Oferta interna de energia no Brasil (tep E %)	13
Figura 2 - Oferta Interna de Energia (OIE)no Brasil em 2010	13
Figura 3- Biodigestor Tubular em uma granja sunícola.	17
Figura 4 - Fases de Produção do biogás	19
Figura 5 - Conjunto Motor-Gerador a biogás.	22
Figura 6- Caixa de Coleta Utilizada para Medição de Dejetos.	28
Figura 7 - Grupo Motor Gerador GSCA330.	34
Figura 8 - Valor de Mercado dos Créditos de Carbono.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição média da mistura.....	19
Tabela 2- Cronograma das atividades.	26
Tabela 3 - Quantidade de Suínos Alocados na Granja.	27
Tabela 4 - Quantidade de Dejetos Coletados.....	29
Tabela 5 - Média De Dejetos Produzidos.....	30
Tabela 6 - Quantidade Média de Dejetos por Fase de Produção.....	30
Tabela 7 - Volume de Dejetos por Fase De Produção.	30
Tabela 8 - Produção média de Biogás.	32
Tabela 9 - Produção de Biogás por Fase de Produção.....	33
Tabela 10 - Especificações Técnicas GMG GSCA330.	35
Tabela 11 - Análise Econômica.....	45
Tabela 12 – Valores Calculados Análise Econômica.	46
Tabela 13 – Análise Econômica caso real.....	46
Tabela 14 - Valores Análise Real.	47

LISTA DE SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CMM	Custo Mensal de Manutenção
CRC	Crédito de Carbono
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBC	Índice Custo Benefício
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
OEDC	Organization for economic Coperation and development
OIE	Oferta Interna de Energia
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
pH	Potencial Hidrogeniônico
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia elétrica
RBC	Relação Benefício Custo
RM	Retorno Mensal
ROIA	Retorno Sobre o Investimento
SIN	Sistemas Elétricos Interligados Nacionais
tep	toneladas equivalentes de petróleo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VEG	Valor de Energia Gerada
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VPLA	Valor Presente Líquido Anualizado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Geral	11
1.1.2 Específicos	11
1.2 BENEFÍCIOS DO PROJETO	11
2. ESTADO DA ARTE DO ASSUNTO	12
2.1 SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO	12
2.2 BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA	14
2.4 BIOGÁS	17
2.5 CONJUNTO MOTOR-GERADOR	20
2.6 PROTOCOLO DE KYOTO E OS CRÉDITOS DE CARBONO.	23
2.7 METODOLOGIA	25
2.8 CRONOGRAMA	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
3.1 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	27
3.2 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS	31
3.3 ENERGIA GERADA E ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS	33
3.3.1 Potência de geração e consumo de biogás	36
3.3.2 Compatibilidade com o biogás gerado	36
3.3.3 Energia demandada na granja	37
3.3.4 Preço	37
3.3.5 Custo de manutenção	37
3.3.6 Valor Da Energia Gerada	38
3.4 REDUÇÃO DE EMISSÕES E SEQUESTRO DE CARBONO	38
3.5 ANÁLISES DE VIABILIDADE	40
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5. REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade fatores ambientais vem ganhando muita importância devido a grande quantidade de gases poluentes emitidos com a queima do petróleo e seus derivados contribuindo com o efeito estufa e o aquecimento global.

A utilização da biomassa remota aos primórdios da civilização, onde se obtinha energia térmica através da queima de lenha ou madeira. Por este motivo seu uso como fonte de energia alternativa esteja associado a uma maneira retrograda e obsoleta de geração de energia. Todavia segundo (BARROS, 2007) devido as mudanças no cenário energético-ambiental esta mentalidade tem sido modificada e aponta o esgotamento de fontes de energia não renováveis como é o caso dos tão utilizados combustíveis fósseis.

A intensificação das atividades do setor agropecuário nos últimos anos, destacando em especial para o sistema de manejo que envolve a estabulação dos animais em espaços restritos, vem nos mostrando o incorreto manejo e os grandes impactos ambientais dos enormes volumes de dejetos liberados por estes rebanhos. A grande concentração de dejetos, causa uma grande liberação de gases nocivos ao efeito estufa, principalmente o metano que tem um potencial de aquecimento global muito maior que o do dióxido carbônico.

Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para minimizar esses impactos. A geração de energia elétrica através da queima do biogás, obtido por processos anaeróbicos da decomposição de dejetos em biodigestores vem com um propósito de diminuir os efeitos ambientais causados por este incorreto manejo, transformando um problema até então sem solução em uma possibilidade de obtenção de recursos financeiros.

Com isso a biomassa surge como uma opção bastante atrativa. O processo consiste segundo (BARROS, 2007) em fontes orgânicas que, através da fotossíntese, capturam energia solar e a transformam em energia química. Esta energia pode ser transformada em combustível, calor ou eletricidade.

De acordo com seu estado físico a biomassa pode ser dividida em três classes: sólida, líquida e gasosa. Na primeira delas estão contidos os produtos sólidos e resíduos agrícolas vegetais e animais. A biomassa líquida consiste em uma série de biocombustíveis líquidos e biofertilizantes com potencial de utilização. A

parte gasosa deste processo a qual será o foco do trabalho concentra-se nos efluentes agropecuários, resultado da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica, o biogás como é chamado é constituído em sua maior parte por uma mistura de metano e gás carbônico, através da combustão destes é possível gerar energia elétrica.

Este trabalho terá foco nesta última classe da biomassa. Pretende-se estudar o processo de geração do biogás através do uso de biodigestores que segundo (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009) são estruturas projetadas a fim de produzir a melhor situação possível para a degradação da biomassa, evitando que a mesma fique em contato com o ar durante o processo. Salientando que a ausência de oxigênio proporciona condições ideais para certos tipos especializados de bactérias, altamente vorazes em se tratando de materiais orgânicos, passarem a ter predominância no meio e desta maneira provocar um acelerado processo de degradação da matéria orgânica e geração de biogás e biofertilizante.

Pretender-se elaborar um estudo de viabilidade técnica e econômica que visa verificar a possível implantação de um sistema integrado de aproveitamento da biomassa gerada por suínos, este sistema é composto por um biodigestor e um motor-gerador a combustão que fará a queima do biogás e a geração de energia elétrica. Os dados utilizados serão coletados em uma granja de suínos localizada em Clevelândia sudoeste do Paraná. A partir destes dados pretende-se empregar métodos matemáticos como VLP que é um indicador que permite avaliar a viabilidade econômica do projeto durante seu período de vida útil, o método da taxa interna de retorno TIR e o IBC que representa a relação entre o valor atual do retorno esperado e o valor dos custos esperados. Através destes indicadores fundamentais pretende-se de fato verificar a viabilidade de implantação do sistema biodigestor e motor-gerador para geração de energia elétrica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um motor a combustão de biogás, trabalhando em conjunto com um gerador de energia elétrica, para consumo próprio nas instalações da granja suinícola.

1.1.2 Específicos

- Levantar a quantidades de dejetos produzidos.
- Levantar os tipos de conjunto motor-gerador.
- Especificar o conjunto motor-gerador.
- Avaliar o custo benefício implantação.

1.2 BENEFÍCIOS DO PROJETO

Com este projeto se espera obter um sistema viável de geração de energia a partir do que hoje apresenta-se como um grande problema no setor agropecuário: os dejetos de suínos.

Pretende-se também que este projeto de geração de energia, reduza consideravelmente os custos de produção dos suínos, já que toda a energia produzida pelo grupo motor gerador será consumida na própria granja, não necessitando de compra de energia da concessionária ou de outros recursos energéticos, como o caso da lenha e derivados do petróleo, que pelo seu preço de mercado acabam influenciando no custo final da produção.

Espera-se que o projeto sirva como base de implantação para que demais granjas suinícolas, já que a região concentra e favorece a implantação.

2. ESTADO DA ARTE DO ASSUNTO

2.1 SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

Recursos energéticos são os recursos ou fluxos de energia armazenados na natureza, que podem ser utilizados para atender as necessidades humanas, estas podem estar dispostas como recursos fósseis ou recursos renováveis.

Enquanto as reservas de energia fóssil, quer sejam medidas, indicadas ou estimadas, são necessariamente finitas e portanto se reduzem a medida em que são consumidas, os recursos energéticos renováveis são dados por fluxos naturais, como ocorre na energia solar, em suas distintas formas, como na energia hidráulica, na energia eólica, na energia das ondas do mar e na energia da biomassa, bem como nos fluxos energéticos dependentes do movimento planetário, por exemplo, a energia talassotriz, associada a variação do nível do mar nas marés e a energia geotérmica, que na escala das realizações humanas existe como potência disponível (SANTOS et al., 2006).

Segundo (SANTOS et al., 2006) é importante observar que a utilização inadequada de alguns potenciais energéticos renováveis pode determinar sua exaustão, como acontece em reservatórios geotérmicos sobre explorados ou nos recursos de biomassa, quando explorados além da sua taxa natural de reposição.

O consumo de energia e os padrões atuais de produção mundial são baseados em recursos fósseis, principalmente o petróleo, sendo este padrão grande emissor de poluentes, gases de efeito estufa que coloca em risco o suprimento energético de longo prazo no planeta. Esses padrões podem mudar com a estimulação do uso de energias renováveis.

Nesse sentido, o Brasil apresenta uma condição favorável em relação ao resto do mundo em se tratando de matriz energética em termos de sustentabilidade, uma vez que aproximadamente 45% dos seus recursos são provindos de recursos renováveis, conforme pode ser observado na Figura 1.

ESPECIFICAÇÃO	mil tep		10/09 %	Estrutura %	
	2009	2010		2009	2010
Não-renovável	128.572	146.169	13,7	52,7	54,7
Petróleo e derivados	92.422	100.864	9,1	37,9	37,7
Gás natural	21.145	27.564	30,4	8,7	10,3
Carvão mineral e derivados	11.572	13.899	20,1	4,7	5,2
Urânio (U3O8) e derivados	3.434	3.842	11,9	1,4	1,4
Renovável	115.357	121.235	5,1	47,3	45,3
Hidráulica e eletricidade	37.064	37.790	2,0	15,2	14,1
Lenha e carvão vegetal	24.610	25.428	3,3	10,1	9,5
Derivados da cana de açúcar	44.447	47.446	6,7	18,2	17,7
Outras renováveis	9.237	10.570	14,4	3,8	4,0
TOTAL	243.930	267.404	9,6	100,0	100,0

Figura 1- Oferta interna de energia no Brasil (tep E %)
Fonte: (BANDEIRA et al., 2011)

Observa-se na Figura 2 a grande vantagem no setor energético brasileiro comparado com os países integrantes do OECD (*Organization for economic Coperation and development*), estes considerados países ricos, em que apenas 7,2% de seus recursos são renováveis, e de 12,9% na média mundial (BANDEIRA et al., 2011).

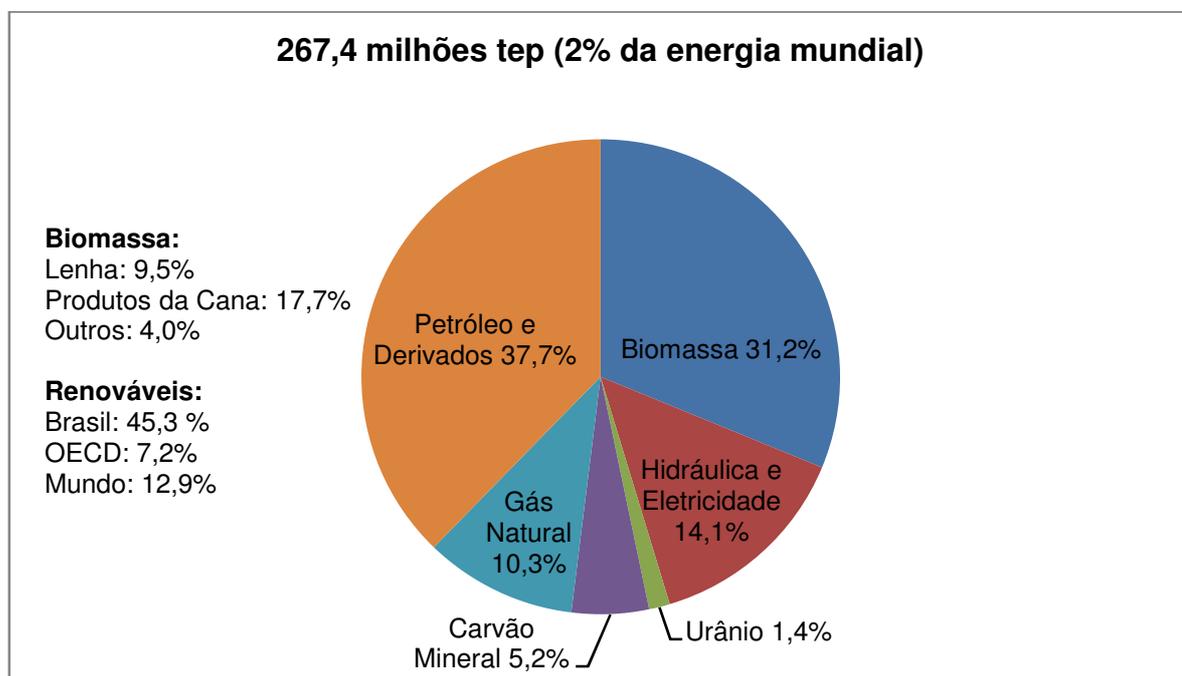


Figura 2 - Oferta Interna de Energia (OIE)no Brasil em 2010
Fonte: (BANDEIRA et al., 2011)

Apesar dos números favoráveis em relação a utilização de energias renováveis no Brasil, deve-se levar em consideração que a grande maioria desses recursos é provinda principalmente de três categorias, sendo estes a

hidroeletricidade, lenha e carvão vegetal e derivados da cana de açúcar, logo no Brasil ainda não existe uma grande diversificação de fontes de energias renováveis, como é o caso da geração de energia a partir do biogás, que entra juntamente com outras tecnologias num seleto grupo que corresponde apenas com 4% dos recursos renováveis do país.

Com o intuito de aumentar a participação de energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com bases em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), o governo federal criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia elétrica (Proinfa) no Sistema Elétrico Interligados Nacionais (SIN), de acordo com a lei nº 11.943, de 28 de maio de 2009 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011).

Segundo a mesma fonte o objetivo do programa é diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais.

2.2 BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA

Segundo (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009), através de uma reação química denominada fotossíntese os vegetais acumulam energia. Comumente estes vegetais são empregados na fabricação de rações que servem como base de alimentação da pecuária brasileira, pelo fato do metabolismo não ser completo, a alimentação dos animais gera resíduos orgânicos que possuem um potencial energético remanescente, correspondente as suas altíssimas cargas orgânicas. Ainda contem nutrientes e minerais como nitrogênio e fósforo. O depósito destes dejetos no meio ambiente em seu estado bruto tem causado grandes impactos ambientais devido a grande produção de (gases do efeito estufa) GEE.

Restos de vegetais, sementes, palhas, efluentes sólidos e líquidos da produção pecuária, que possam ser biodegradados, como dejetos, esterco, etc. Caracterizam a chamada biomassa residual, material que comumente é descartado e possui valor energético agregado.

Aspectos ambientais e econômicos viabilizam plenamente os esforços para o aproveitamento da energia armazenada na biomassa residual através da

geração de energia elétrica, esta energia pode ser aproveitada na propriedade para auto-abastecimento ou armazenada em forma de biogás e utilizada para aquecimento e também para geração em horários de ponta, quando a energia comprada tem preços, em média, cerca de sete vezes acima da tarifa em horários normais.

No agronegócio todas as atividades requerem energia, a conversão de proteína vegetal em animal, começando pela moagem dos grãos para rações, seguindo-se no aquecimento de animais jovens, na incubação de ovos, no transporte automatizado de rações entre outras. E mais energia é demandada para o beneficiamento desta proteína animal no aquecimento da água de uso industrial, no funcionamento das camas frias e demais equipamentos da indústria. Desse modo é incompreensível que em um processo que demande tanta energia jogue-se fora energia contida nos seus próprios resíduos e efluentes e com isso contribua-se para a degradação do meio ambiente.

No Brasil verifica-se grande crescimento na produção de proteínas animais, e em conseqüência também tem aumentado a produção da biomassa residual proporcionalmente, com destaque especial para os sistemas de manejo envolvendo estabulação dos animais em espaços restritos, como é caso da maioria dos plantéis de suínos e aves. A crescente demanda mundial por proteína animal. Segundo (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIA E COMÉRCIO, 2011), colocam o Brasil em uma posição de destaque na produção e exportação de alguns produtos de origem animal, como carnes bovinas, suínas e de aves indicando que a produção de proteína animal deve ser além do consumo demandado apenas pela população brasileira. Portanto as unidades produtoras podem tornar-se fontes permanentes e renováveis de energia e biofertilizantes provenientes da biomassa residual e através disso acumular créditos de carbono e, conseqüentemente, de renda, proporcionando maior sustentabilidade econômica aos investimentos e custos de operação provenientes do processo de exploração da biomassa residual.

2.3 Biodigestor

Na medida em que os sistemas de produção animal se modernizam, também se intensificam as necessidades energéticas e de tratamento dos resíduos,

para o tratamento e utilização da biomassa residual, faz-se necessário submetê-la a um processo de biodegradação anaeróbica, em biodigestores.

Biodigestor é uma estrutura projetada e construída de modo a produzir a situação mais favorável possível para que a degradação da biomassa seja realizada sem contato com o ar. Isso proporciona condições ideais para que certos tipos especializados de bactérias, altamente vorazes em se tratando de materiais orgânicos, passem a predominar no meio e com isso, provocar a degradação de forma acelerada (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009).

Como definiu (GASPAR, 2003) um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença de ar.

A Utilização de biodigestores é algo muito antigo e difundido mundialmente. No entanto, foi na Índia, em 1939, que o Instituto Indiano de Pesquisas Agrícolas construiu a primeira usina de Gás de esterco (BONFANTE, 2010). Segundo a mesma fonte a tecnologia no Brasil ocorreu de forma mais intensificada a partir do final da década de 70 devido a alta dos preços do petróleo, diante do problema o governo lançou programas de investimento para a conservação e substituição dos derivados do petróleo, como é o caso do Proálcool lançado em 14 de novembro de 1975 pelo decreto n° 76.593, com o objetivo de estimular a produção do álcool.

Existem vários tipos de biodigestor espalhados pelo mundo, estes se classificam basicamente em dois tipos: os biodigestores de alimentação intermitente ou batelada e os de alimentação contínua. Os biodigestores de alimentação intermitente ou batelada são carregados com carga total de biomassa a qual fica retida até que o processo de biodegradação seja completo, já os biodigestores de alimentação contínua, recebem a biomassa residual periodicamente, estes são mais difundidos no mundo pela simplicidade e praticidade.

Dentre os biodigestores de sistema de abastecimento contínuo mais difundido no Brasil estão os modelos: chinês, indiano e tubular. Os biodigestores tubulares, também chamado de *plug-flow*, são os mais encontrados em atividade principalmente na região oeste dos estados do Paraná e Santa Catarina, onde se concentra grande parte do plantel suinícola do país (CERVI, 2009). Ao contrário do modelo Chinês e Indiano que são verticais, o modelo tubular apresenta (Figura 3) uma caixa de carga revestida com uma manta plástica, possui uma câmara de digestão (parte inferior) unida a um Gasômetro (parte superior) (BONFANTE, 2010).

Em razão da largura ser maior que a profundidade, uma maior área fica exposta ao sol, esta é uma característica benéfica deste tipo de biodigestor, pois ajuda manter a temperatura numa faixa ideal de funcionamento de 30° a 60° C. Estes tipos de biodigestores estão sendo principalmente instalados em granjas que participam do projeto MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) mecanismo criado pelo Protocolo de Quioto para a redução de GEE ou de captura de Carbono. Um biodigestor tubular, com características MDL pode ser visualizado na Figura 3.

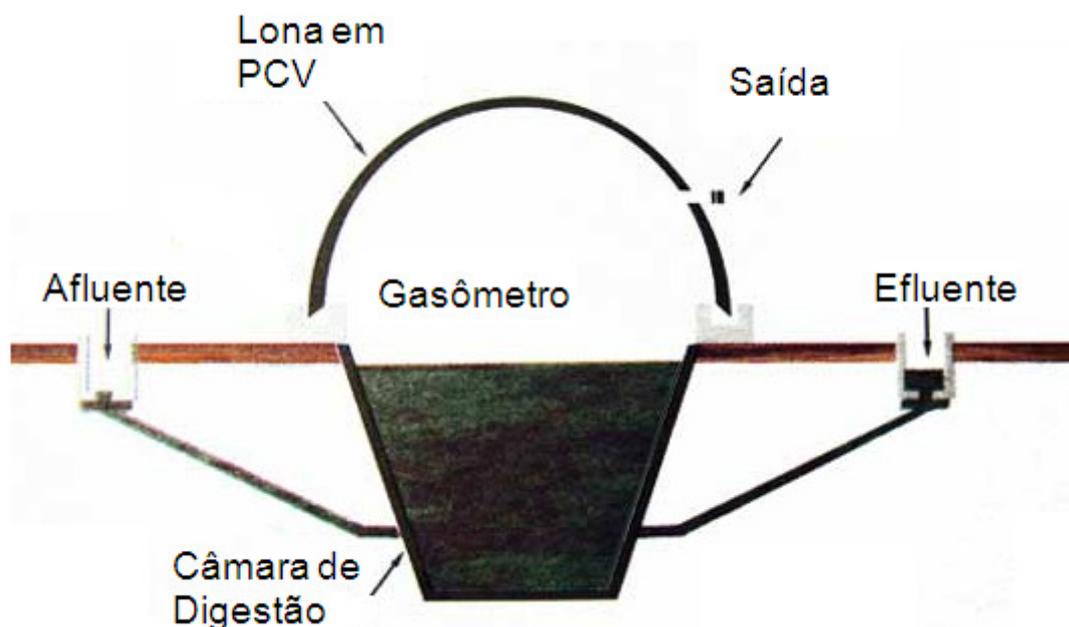


Figura 3- Biodigestor Tubular em uma granja sunícola.
Fonte: (EMBRAPA, 2011)

2.4 BIOGÁS

A partir de processo anaeróbicos da biomassa residual, nos biodigestores, temos basicamente dois produtos, o biofertilizante e o biogás. O biofertilizante contém dosagens de nitrogênio e fósforo interessantes sob o ponto de vista de uso agrícola, e carbono em alta quantidade, que pode ser utilizado em revitalização de solos (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009). Segundo (MACINTYRE, 1996) verificou-se na China, onde o biofertilizante é muito empregado, que com o uso do

mesmo conseguiu-se um aumento de produtividade em mais de 28% no cultivo do milho, de 10 a 14% no do arroz e de 12,5 a 16% no do trigo.

O Biogás é um gás incolor, geralmente inodor (se não tiver demasiadas impurezas), insolúvel e de fraca densidade, constituído basicamente de metano, gás carbônico e outros gases em pequena concentração (FERREIRA et al., 2003), basicamente o processo de biodegradação anaeróbica para geração de biogás constitui-se na degradação de compostos orgânicos em novas células bacterianas e em vários outros compostos, sendo esta degradação constituída em três etapas principais, etapa de Hidrólise, Acetogênese e Metanogênese.

Na etapa de Hidrólise as bactérias liberam as chamadas enzimas extracelulares, que basicamente tem a função de degradar as moléculas maiores, sólidos em suspensão em partes menores solúveis ao meio. No processo de Acetogênese, também conhecida como fase ácida, as bactérias produzem ácidos para transformar as moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos existentes na biomassa, em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, entre outros (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009). Por último tem-se a fase de Metanogênese, nesta etapa as bactérias denominadas metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono e os transforma em metano, que é o combustível do biogás, esta é a etapa mais demorada do processo, visto que, com as reações químicas ocorrendo à formação de microbolhas dos gases resultados do processo, estas microbolhas envolvem as bactérias, isolando-as do contato direto com a mistura em reação, devido isto leva-se em consideração a utilização de agitadores dentro do biodigestor, fazendo este diminuir o tempo do processo de geração do biogás.

Outros aspectos relevantes que podem prolongar o tempo de produção do biogás são: a temperatura da biomassa dentro do biodigestor, levantando assim uma característica benéfica dos biodigestores do tipo tubular (*plug-flow*) que por seu aspecto construtivo recebem mais incidência solar; a composição do resíduo, que quanto maior a porcentagem de material orgânico maior a quantidade de biogás produzido; a umidade do resíduo, que quanto maior também aumenta a taxa de produção; o pH (potencial hidrogeniônico) do resíduo, sendo que segundo (FIGUEIREDO, 2007) tem uma taxa de produção máxima numa faixa de 6 à 8; o tamanho das partículas do resíduo também é outro fator influente, logo que, quanto menor o tamanho mais facilmente elas são decompostas.

As etapas descritas acima podem ser melhor visualizados na Figura 4.

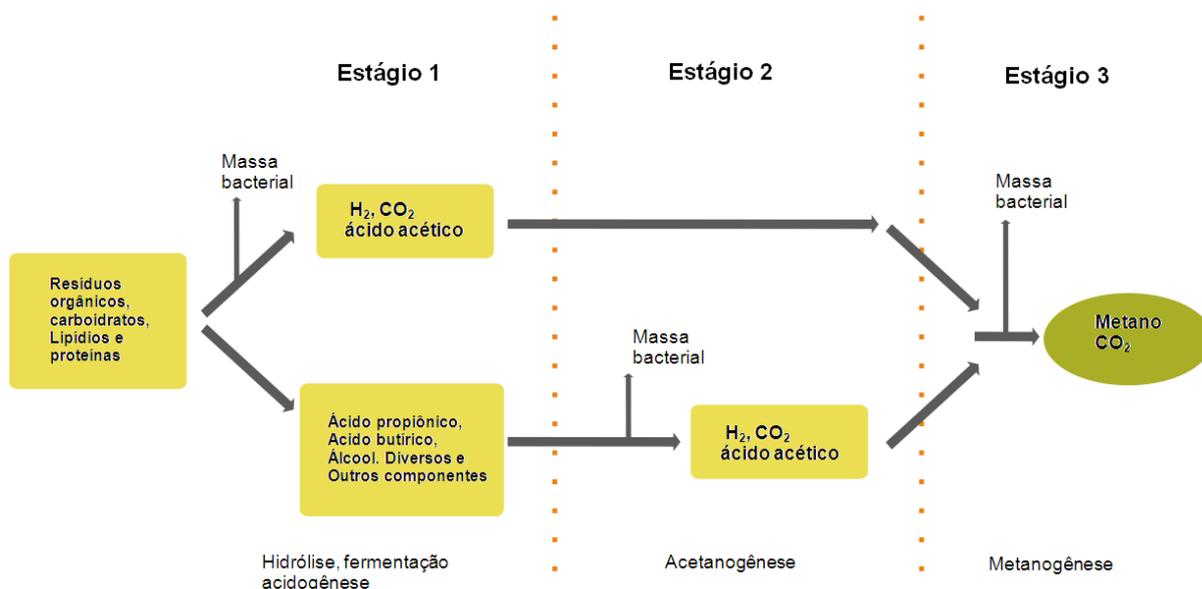


Figura 4 - Fases de Produção do biogás
 Fonte: (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009)

A composição do biogás, gerada a partir de dejetos de animais, destacando principalmente os de suínos é mostrada nas Tabelas 1.

Tabela 1- Composição média da mistura

Elemento	Porcentagem (%)
Metano (CH_4)	50 a 75
Dióxido de Carbono (CO_2)	25 a 40
Hidrogênio (H_2)	1 a 3
Nitrogênio (N_2)	0,5 a 2,5
Oxigênio (O_2)	0,1 a 1
Sulfureto de Hidrogênio (H_2S)	0,1 a 0,5
Amoníaco (NH_3)	0,1 a 0,5
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0,1
Água (H_2O)	Variável

Fonte: (FERREIRA et al., 2003)

Pela característica de ser constituído em sua grande maioria por metano e este ser altamente inflamável, propicia a utilização do biogás como combustível em turbinas e motores a explosão, acoplando estes a geradores para a produção de energia elétrica.

2.5 CONJUNTO MOTOR-GERADOR

O processo de geração de energia elétrica utilizado biogás consiste basicamente na queima do biogás através de um motor a combustão. Este por sua vez, fornece o movimento de rotação no eixo do gerador que a ele é acoplado, desta maneira torna-se possível a geração de energia elétrica. Assim o processo consiste em transformação da energia química do biogás em energia mecânica e esta última transformada em energia elétrica através do gerador.

A oferta para o mercado brasileiro de motores a gás para geração de energia elétrica é composta exclusivamente por motores produzidos no exterior. O custo então deste tipo de equipamento torna menos viável a implantação do sistema visto que são fabricados em baixa escala e demandam um maior aporte de tecnologia em relação aos motores diesel. Com tudo, empresas nacionais oferecem motores estacionários movidos a biogás, adaptando os tão utilizados motores nacionais a diesel de maneira a ter baixo custo de aquisição e manutenção, pois as peças de reposição são facilmente encontradas no mercado nacional.

A otimização consiste na substituição de diversos componentes do motor, visando a otimização de seu funcionamento exclusivamente com gás, sendo a sua grande vantagem a possibilidade de geração de energia totalmente independente da utilização do óleo diesel. Para que o motor funcione com máxima eficiência com gás, são realizadas modificações de diversos componentes internos e novos equipamentos são adotados no motor. Dentre elas, destacamos:

- Redimensionamento da câmara de combustão, para otimização da combustão do gás.
- Adoção de sistema de ignição elétrica com gerenciamento eletrônico, abrangendo a adaptação de velas de ignição no cabeçote.
- Adoção de controle eletrônico de velocidade
- Adoção de controle automático de mistura ar/combustível.
- Redimensionamento do sistema de admissão e escape, para melhoria em economia de combustível e emissão de poluentes (eixo comando de válvulas, turbina e coletores).
- Redimensionamento do sistema de arrefecimento, para uma maior eficiência (intercooler, radiador e ventilador).
- Substituição de componentes por peças de material resistente à corrosão

O controle automático de mistura ar/combustível é o sistema ideal para aplicação com biogás, pois corrige automaticamente a quantidade de combustível admitida de acordo com possíveis mudanças na sua composição (teor de metano) (ARAPONGAS, 2011).

O conjunto utiliza um gerador do tipo síncrono onde o rotor juntamente com o campo magnético criado pela corrente CC do campo do rotor gira em sincronismo com o campo magnético girante, produzido pelas correntes induzidas na armadura, resultando um conjugado constante (FITZGERALD, CHARLES KINGESLY JR e UMANS, 2006).

A construção desta máquina utilizada no conjunto é de pólos lisos pois, devido à alta velocidade de rotação, rotores de pólos lisos normalmente tem menor diâmetro e maior comprimento comparado a máquinas de pólos salientes. Isso proporciona ao rotor girar em alta velocidade sem a ocorrência de problemas mecânicos devido à força centrífuga.

O sistema de excitação assim é chamado por ser responsável por fornecer a potência CC para geração do campo principal ou campo do rotor da máquina síncrona. Esta potência é de cerca de um a alguns poucos por cento dos valores nominais da máquina síncrona.

A excitação de máquinas mais modernas é realizada através de excitatrizes CA e retificada a fim de alimentar o rotor com correntes CC através de retificadores de estado sólido (FITZGERALD, CHARLES KINGESLY JR e UMANS, 2006).

Caso a esta retificação seja feita no estator da máquina, é necessário o uso de anéis e escovas para alimentar o campo do rotor. Nos geradores em que a retificação é feita no próprio rotor, não há a necessidade dos anéis coletores tornando a manutenção da máquina menos periódica.

Segundo (CHAPMAN, 2005), a frequência elétrica gerada é diretamente relacionada com a taxa de rotação mecânica do gerador. A taxa de rotação dos campos magnéticos na máquina está relacionada com a frequência elétrica do estator por meio da Equação 1.

$$f_e = \frac{n_m P}{120} \quad (1)$$

Onde:

f_e é a frequência elétrica em Hz

n_m é a velocidade mecânica do campo magnético em r/min

P é o número de pólos da máquina

Como o rotor gira a mesma velocidade que o campo magnético, esta equação relaciona a velocidade de rotação do rotor com a frequência elétrica resultante.

A tensão interna do gerador síncrono pode ser descrita pela Equação 2.

$$E_A = K\phi\omega \quad (2)$$

Esta tensão depende do fluxo ϕ na máquina, da frequência ou velocidade de rotação e de fatores construtivos da máquina que são representados por K . A tensão interna gerada E_A é diretamente proporcional ao fluxo e a velocidade como é facilmente observado na equação já citada. Entretanto o fluxo em si depende da corrente que flui no circuito de campo do rotor, desta maneira a tensão interna gerada é também diretamente proporcional a corrente de campo.

Neste ponto após o conhecimento técnico apresentado a cerca dos componentes que constituem o conjunto motor-gerador, torna-se útil apresentar uma figura que mostra estes dois componentes interligados e prontos para operação. Tudo isso pode ser visto através da Figura 5.

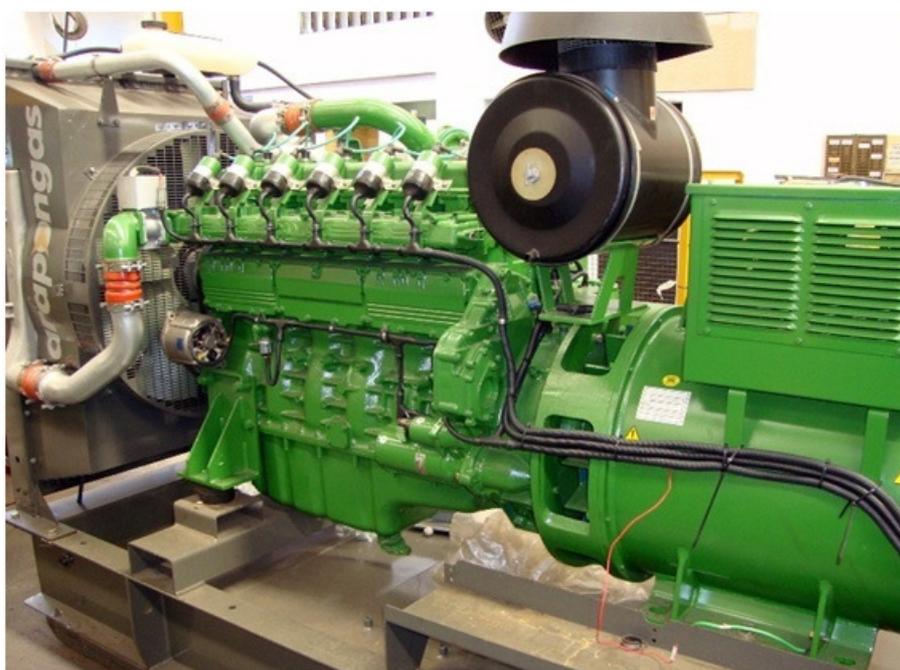


Figura 5 - Conjunto Motor-Gerador a biogás
Fonte: (ARAPONGAS, 2011)

2.6 PROTOCOLO DE KYOTO E OS CRÉDITOS DE CARBONO.

O aquecimento global e as mudanças no clima do planeta já são discutidos através de estudos científicos desde os anos 80, estes estudos apontam que o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera contribui significativamente para o aumento da temperatura terrestre.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente reconhecendo a necessidade de informações concretas, confiáveis e atualizadas, criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) no ano de 1998. Que segundo (JURAS, 2009), tem o papel de avaliar, de forma abrangente, objetiva, aberta e transparente, as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para compreender os riscos das mudanças climáticas induzidas pelo homem, seus impactos potenciais e as opções para adaptação e mitigação.

Com a divulgação do primeiro relatório do IPCC as dicções sobre mudanças climáticas tornaram-se mais acentuadas e em 1997 durante a Terceira Conferência das Partes da Convenção do Clima em Kyoto – Japão. Assinou-se o “Protocolo de Kyoto” que em seu conteúdo obriga os países desenvolvidos e do leste europeu (Países do Anexo I do protocolo de Kyoto), individual ou coletivamente, diminuir em 5,2% suas emissões de GEE's em relação ao ano base de 1990, no período de 1998 a 2012. Isto segundo (INSTITUTO CARBONO BRASIL, 2012), representa conter 5 bilhões de toneladas de CO₂. Os países em desenvolvimento e, portanto menos industrializados estão fora do Anexo I, e seu papel é reduzir emissões de GEE's através de projetos MDL.

Para que isso seja possível foram apresentados três tipos de ferramentas:

- Implementação conjunta (Joint Implementation);
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo MDL (Clean Development Mechanism - CDM);
- Comércio de emissões (Emissions Trading).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite a certificação de projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento e a posterior venda das reduções certificadas de emissão, para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas. Esse mecanismo deve implicar em reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima. (JURAS, 2009)

Com isso basicamente os países compreendidos pelo Anexo I do protocolo, que não atingem suas metas de redução de emissão, podem comprar as reduções certificadas ou popularmente chamadas de créditos de carbono, equilibrando a emissão de GEE's e atingindo o objetivo do Protocolo de Kyoto.

Porém segundo (JURAS, 2009), para que as reduções de emissões sejam certificadas e possam ser negociadas no mercado financeiro, devem passar pelas seguintes etapas:

- Elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados;
- Validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto);
- Aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima CIMGC (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável);
- Submissão ao Conselho Executivo para registro;
- Monitoramento;
- Verificação/certificação;
- Emissão de unidades segundo o acordo de projeto.

Caso haja o cumprimento de todas as etapas citadas, sendo as reduções na emissão de GEE's reais, mensuráveis e em longo prazo, pode-se então receber compensação financeira através do mercado de créditos de carbono.

2.7 METODOLOGIA

Para verificar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um grupo motor- gerador que visa a produção de energia elétrica a partir do biogás fornecido por um biodigestor em uma granja suinícola propõem-se:

- Realizar um estudo de projetos de geração de energia a partir de biogás já desenvolvidos. Para ampliar a pesquisa de referências bibliográficas. Será utilizada a biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e consulta a bibliotecas digitais como IEEE Explore.
- Coletar dados diários da quantidade de resíduos produzidos na granja, que abastecerão o biodigestor, assim estabelecer uma média mensal de produção.
- Coletar a partir do biodigestor a quantidade diária de produção de biogás, assim levantar a quantidade média mensal de produção.
- Pesquisar fornecedores e fábricas do grupo motor-gerador, escolhendo o que se adapte melhor as especificações da granja.
- Após a escolha do motor-gerador, e com suas devidas especificações, como rendimento e relação quantidade de energia gerada (KWh), por m^3 de biogás consumido, estabelecer o potencial produtivo de geração de energia mensal.
- Levantar o potencial produtivo, especificar os equipamentos e projetar o interligamento destes para que a energia gerada possa ser utilizada nas instalações da granja.
- Realizado um estudo da quantidade de energia elétrica consumida pela granja, através de tarifas de energia anteriores, verificando assim se somente o grupo motor-gerador instalado conseguirá suprir as necessidades da mesma, tornando-a auto suficiente em energia elétrica. Caso de afirmativo, verificar a existência de excedentes na produção de energia, podendo assim ser comercializado com a concessionária.
- Avaliar o investimento dos novos equipamentos, custo de aquisição e de instalação utilizados para a produção de energia elétrica e

calcular o tempo estimando de retorno do capital investido, através de métodos matemáticos como VLP, TIR e RBC, com isso determinar se o sistema é viável economicamente.

2.8 CRONOGRAMA

Para melhor organização e controle dos prazos estipulados o projeto será dividido em etapas, sendo estas e suas devidas datas de execução previstas disposta na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2- Cronograma das atividades.

Tarefa	Mês	11/11	12/11	01/12	02/12	03/12	04/12	05/12
Pesquisa Bibliográfica								
Coleta de dados reais								
Análise do biogás coletado								
Análise dos melhores equipamentos a serem utilizados no projeto								
Obtenção dos Resultados								
Escrever Monografia								
Defesa da Monografia								
Correções Solicitadas								

Fonte: Autoria Própria

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

É fundamental para alcançar o objetivo do projeto, primeiramente estabelecer a quantidade de biogás a ser produzido, assim, primeiramente determinou-se a quantidade de dejetos produzidos na granja.

A quantidade total de dejetos produzido por um suíno em determinada fase do seu desenvolvimento, é um dado fundamental para o planejamento das instalações de coleta e estocagem. A concepção das edificações, alimentação, tipo de bebedouros, sistema de limpeza e manejo determinam, basicamente, as características e o volume total dos dejetos produzidos.

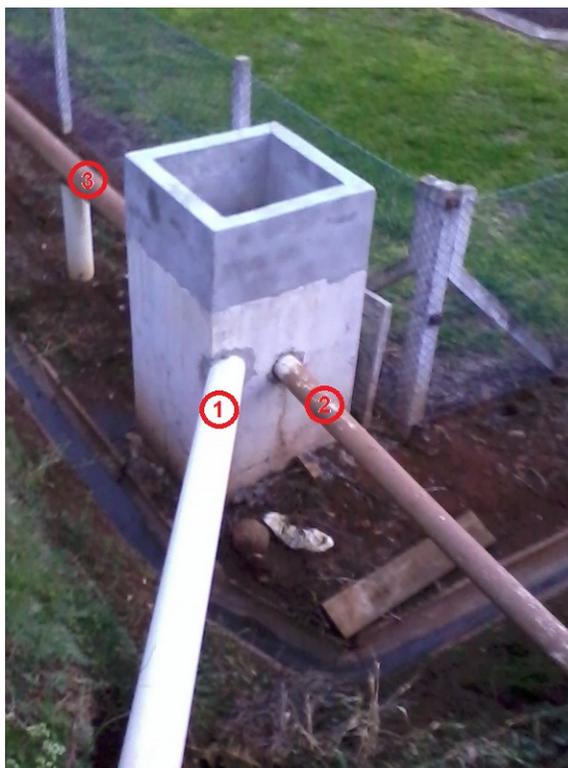
Como sabemos que a quantidade de dejetos varia de fase por fase, primeiramente, estabeleceu a quantidade de suínos contidos na granja, conforme Tabela 3 e Anexo 1.

Tabela 3 - Quantidade de Suínos Alocados na Granja.

Tipo	Fase	Quantidade	Total por Tipo
Fêmeas	Leitoas	373	1994
	Vazias	90	
	Gestantes	1251	
	Lactantes	267	
	Descartados	13	
Machos	Descartados	2	19
	Inseminação Artificial	12	
	Monta Natural	5	
Leitões	Maternidade	3145	6722
	Creche	3577	

Fonte: Autoria própria.

Buscando estabelecer a quantidade média de dejetos produzidos na granja, desenvolveu-se um projeto de retenção de dejetos em uma caixa de concreto localizada na entrada do biodigestor, sendo a partir de seu volume e tempo necessário que o compartimento enche-se, calculou-se a quantidade média produzida na granja. A Figura 6 demonstra a caixa de concreto utilizada para a medição dos dejetos.



**Figura 6- Caixa de Coleta Utilizada para Medição de Dejetos.
Fonte: Autoria Própria.**

Na caixa de coleta, temos basicamente duas entradas de dejetos, representados na figura pelos números 1 e 2. Uma que reúne as instalações que situam as porcas e leitões em lactação, leitões e cachaços. A outra reúne os dejetos produzidos pelos leitões localizados na maternidade (local destinado aos leitões após o desmame até sua comercialização com cerca de 22Kg). A saída da caixa está conectada através de dutos a entrada do biodigestor, representado pelo número 3.

Sabendo que o volume da caixa de concreto. Estabeleceu-se uma média do volume de dejetos que entra no biodigestor a partir do tempo necessário para encher o mesmo. A coleta de dados foi realizada em diferente horários, estimando assim a produção por hora e conseqüentemente por dia, para isto utilizou-se da seguinte fórmula.

$$Vd = \frac{Vc}{t} \cdot 1440 \quad (3)$$

Onde:

Vd é a quantidade de dejetos produzidos por dia.

Vc é a quantidade de dejetos armazenados na caixa de concreto.

t é o tempo necessário para o enchimento da caixa.

1440 é o número de minutos em um dia.

Na tabela 4 é exposto o histórico da quantidade de dejetos produzidos em um mês.

Tabela 4 - Quantidade de Dejetos Coletados.

Número De Coletas	Quantidade De Dejetos (Litros/Dia)	
	Porcas Lactação + Leitões Maternidade + Cachaços + Leitoas	Leitões Creche
1	91478	33576
2	92590	33459
3	92728	34890
4	93450	34759
5	93789	35678
6	93218	35124
7	93090	33612
8	92280	35229
9	92675	36120
10	93540	34267
11	93671	35987
12	93978	35643
13	94020	35089
14	93774	34781
15	94276	34973
16	93451	36230
17	94112	36712
18	93437	35219
19	94743	35312
20	94329	34678
21	93549	34535
22	92438	35327
23	93120	35980
24	93012	35126
25	92682	35812
26	91730	34145
27	91189	36121
28	92138	34867
29	93248	34865
30	92456	34727

Fonte: Aatoria própria.

A Tabela 5 apresenta a média mensal por animal, as médias diárias e mensais dos dejetos produzidos.

Tabela 5 - Média De Dejetos Produzidos.

Fase	Porcas Lactação + Leitões Maternidade + Cachaços + Leitoas	Leitões Creche	Total (Lts)
Média por Animal	18	9,8	
Média Diária de Dejetos	93139	35094	128233
Média Mensal de Dejetos	2794191	1052843	3847034

Fonte: Autoria própria.

Segundo (OLIVEIRA, 1993). A quantidade total de resíduos produzidos varia de acordo com seu desenvolvimento. Esta quantidade pode ser visualizada na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade Média de Dejetos por Fase de Produção.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos Líquidos (L/dia)
Suínos 25 a 100 Kg	2,30	4,90	7,00
Porcas Gestação	3,60	11,0	16,00
Porcas Lactação + Leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaços	3,00	6,00	9,00
Leitões Creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de (OLIVEIRA, 1993).

Já a empresa (AGCERT DO BRASIL SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA, 2012), tem como base dos seus projetos implementados os seguintes dados conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Volume de Dejetos por Fase De Produção.

Volume de Dejetos por Fase de Produção	
Fase de Produção	Dejetos L/dia
Porcas	35 a 45
Leitões Maternidade	2 a 4
Leitões Creche	10 a 15

Fonte: Adaptado de (AGCERT DO BRASIL SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA, 2012).

As quantidades de fezes e urina (DARTORA, PERDOMO e TUMELERO, 1998), são afetadas por fatores zootécnicos (tamanho, sexo, raça e atividade), ambientais (temperatura e umidade) e dietéticos (digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína). Outro fator importante a se destacar, tem referência ao desperdício de

água dos animais nos bebedouros e a água utilizada para limpeza das instalações, estas misturam-se com os dejetos e também é encaminhada ao biodigestor. Por este motivo nota-se diferenças nos dados coletados da quantidade de dejetos produzidas por animal com as bibliografias sugeridas.

3.2 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Desde que as condições sejam adequadas ao desenvolvimento das bactérias anaeróbicas, principalmente a temperatura. A digestão se realiza a partir de qualquer matéria orgânica e com a fermentação provocada pelas bactérias anaeróbicas obtêm-se o biogás.

No projeto em questão a capacidade de produção de biogás pode ser estimada de duas maneiras. A primeira a partir da quantidade de dejetos produzidos. Segundo (OLIVEIRA, 1993), 1 m³ de dejetos produz o equivalente a 0,5 m³ de biogás para um Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de 30 dias . Analisando a Tabela 5 temos que a produção total de dejetos em um dia é aproximadamente 128233 litros, assim.

$$Vb = \frac{Vd \cdot 0,5}{30} \quad (4)$$

$$Vb = 2137,2m^3 \quad (5)$$

Onde:

Vb é o volume de biogás.

Logo, estima-se que a produção de biogás a partir de dejetos é de 2137,2 m³ por dia.

A segunda maneira de estimar a quantidade de biogás gerado, teve como auxílio o próprio biodigestor instalado, visto que sua produção pode ser visualizada a partir de um manômetro instalado no mesmo, os dados coletados diariamente num período de 30 dias podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Produção média de Biogás.

Número de Coletas	Produção Diária de Biogás (m³)
1	1940
2	1970
3	1920
4	1897
5	1925
6	1901
7	1939
8	1955
9	1938
10	1967
11	1989
12	2014
13	1996
14	2032
15	2089
16	1976
17	1971
18	1928
19	1930
20	1913
21	1927
22	1875
23	1890
24	1916
25	1920
26	1938
27	1942
28	1959
29	1903
30	1930
Média Diária	1946

Fonte: Autoria própria.

Como não temos a separação dos dejetos de cada fase dentro do biodigestor, não temos como distinguir a quantidade que cada animal produz de biogás dia. Para melhor visualização, os dados coletados foram comparados com dados fornecidos pela empresa responsável pela operação do biodigestor, estes podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 - Produção de Biogás por Fase de Produção.

Fase	m ³ biogás /dia
Porcas e Cachaços	0,45 a 0,50
Leitões Maternidade	0,1
Leitões Creche	0,2 a 0,25

Fonte: Adaptado de (AGCERT DO BRASIL SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA, 2012).

Assim comparando os dados da Tabela 3 com os da Tabela 9, temos uma produção média aproximada conforme:

- Porcas+Cachaços

$$Vb = (1203 + 791 + 19) * 0,50 \quad (6)$$

$$Vb = 1006,5 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (7)$$

- Leitões Maternidade

$$Vb = (1742 + 1403) * 0,1 \quad (8)$$

$$Vb = 314,5 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (9)$$

- Leitões Creche

$$Vb = (3304 + 273) * 0,25 \quad (10)$$

$$Vb = 894,2 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (11)$$

- Volume médio aproximado total da granja

$$Vb = 1006,5 + 314,5 + 894,2 \quad (12)$$

$$Vb = 2215,2 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (13)$$

3.3 ENERGIA GERADA E ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

Partindo dos dados coletados na granja, da quantidade de biogás produzida, conforme Tabela 8, partiu-se para a escolha do grupo motor-gerador que melhor se adapte as especificações e condições que a granja proporciona.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa de fornecedores de micro turbinas próprias para geração de energia a partir de biogás, como já citado no item 2.5,

estes são produzidos essencialmente no exterior, com isto, o preço de aquisição do produto torna-o não viável, já que além de seu preço ser mais elevado temos ainda as taxas e imposto de importação agregadas no valor final.

Assim num segundo a pesquisa foi focalizada para fornecedores de motores a combustão que trabalham em conjunto com geradores, localizados no Brasil. As principais empresas fornecedores encontrados foram:

- Arapongas - Tecnologia Mecânica;
- Biogás – Motores Estacionários;
- Branco;
- ER-BR –Energias Renováveis;
- Grupo Fockink;
- Sotreq – Grupo Caterpillar;
- MOTORMAC – Cummins Power Generation;

Dentre os diversos fornecedores citados acima, o equipamento proposto para este projeto foi o grupo Gerador - GSCA330, fornecido pela ER-BR Energias Renováveis. E pode ser visualizado na Figura 7.



Figura 7 - Grupo Motor Gerador GSCA330.
Fonte: (ER-BR– ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA, 2008)

Suas especificações são mostradas na Tabela 10 e Anexo 2.

Tabela 10 - Especificações Técnicas GMG GSCA330.

GRUPO GERADOR - GSCA330		
Potência	Standby 330 kVA / 264 kW	Prime 300 kVA / 240 kW
Combustível	BIOGÁS (ideal - concentração de metano > 55%) GÁS NATURAL	
Consumo (m³)	Biogás @ 6500 kcal 108 m³/h	GÁS NATURAL 78 m³/h
Saída	127V / 220V AC; 220V / 380 V AC	
Controle de Rotação	Eletrônico do tipo isócrono com controle por sensor eletromagnético e proteção contra sub e sobrevelocidade.	
Chassi	Perfis de chapa de aço carbono, dobrados em "U", frios ou laminados, soldados com tecnologia MIG, com pintura esmaltada.	
Dimensões Alt./Larg./Comp.	2900mm X 1150mm X 3200mm	
Peso (Kg)	2450	
MOTOR - SCANIA		
Modelo	SGI 12 6 cilindros / 24 válvulas	
Tensão de Operação	12VCC / 2 Baterias Chumbo ácida 200 AH	
Refrigeração	A água com radiador, ventilador e bomba d'água	
ALTERNADOR - WEG		
Acoplamento	Tipo rígido com flange	
Sistema de Ligação	Estrela com Neutro acessível (Trifásico)	
Distorção harmônica	Abaixo de 4% (média de 3,5%)	
Tensões de saída	220V / 127V (380V / 220V – opcional)	
Fator de Potência	0,8	
Corrente Max. (220/ 380)	867 A / 456 A	
Classe de isolamento	"F"	
Grau de proteção	IP-21	
Refrigeração	Ventilador centrífugo montado no eixo	
Numero de pólos	4	
Rotação	1800 RPM	
Frequência	60 Hz	
Sobrecarga admitida	10 % durante 1h a cada 12h de funcionamento	

Fonte: (ER-BR- ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA, 2008)

Os critérios analisados para a escolha deste gerador foram:

- Potência de geração e consumo de biogás;
- Compatibilidade com o biogás gerado;
- Energia demandada na granja;
- Preço;
- Custo de manutenção;

3.3.1 Potência de geração e consumo de biogás

A maioria dos fornecedores encontrados ofereceram grupos de geradores de potências baixas de até 175 kVA. O GMG escolhido tem uma potência nominal de 330 kVA com um consumo médio de 108 m³/h. Com o volume de biogás produzido este gerador pode ficar em serviço cerca de 18 horas por dia, atendendo uma demanda de 264 kW. Esta opção de GMG é a que melhor adapta-se as características da granja, principalmente a produção de biogás.

Além destes já citados, estudou-se a implantação de GMG de maior potência, como é o caso do fornecedor Cummins, este oferece um grupo projetado especialmente para a geração a partir de combustão a biogás, sem adaptações. Este grupo mostrou-se inviável para esta aplicação por três motivos principais. A potência nominal de 1750 kW, é muito superior a demanda média da Granja, este também consome cerca de 560 m³ de biogás por hora, sendo que a produção de biogás não seria suficiente para tal demanda, fazendo que o grupo permanecesse muito tempo parado, e quando em funcionamento gera-se uma demanda de energia muito superior a consumida. e por último, o preço de aquisição mais instalação muito superior, com proposta chegando próximo a casa dos R\$ 2.000.000,00.

3.3.2 Compatibilidade com o biogás gerado

Tratando especificamente da composição química do biogás gerado. Como quantidade de Metano CH₄, Dióxido de Carbono CO₂ e impurezas (outros gases com menor concentração) todos os GMG adaptam-se a estas características,

para geração de energia, principalmente o grupo fornecido pela Cummin, mas por motivos já citados anteriormente este grupo foi descartado.

3.3.3 Energia demandada na granja

Analisando as tarifas de energia da granja, estas encontradas no Anexo 3, a demanda média dos últimos 13 meses foi de aproximadamente 760 kWh. Assim verificou-se que somente o GMG não supriria todo este consumo, não tornando-a auto suficiente. Com o volume de biogás produzido, o grupo escolhido não tem autonomia para permanecer 24 horas por dia em operação, porém caso haja um crescimento no plantel, aumentando conseqüentemente a produção de biogás, o GMG poderá suprir esta demanda, vindo a operar 24 continuamente.

3.3.4 Preço

Em relação ao preço de aquisição, o grupo escolhido fornecido pela empresa ER-BR – Energias Renováveis, também se mostrou mais favorável. Pela sua capacidade de potência, um único GMG atenderia as produções de biogás, para outros fornecedores, teríamos a necessidade de dois grupos, assim o custo final tornaria menos viável.

O problema envolvido a um único grupo é o período de manutenção, visto que, neste tempo a geração de energia cessaria completamente, não sendo o caso com a aquisição de dois grupos de menor potência.

3.3.5 Custo de manutenção

Relacionando o custo de manutenção por kW gerado, verifica-se vantagem na utilização de apenas um GMG, ou seja, a manutenção de dois ou mais grupos, que gerariam juntos a mesma potência é mais elevada.

3.3.6 Valor Da Energia Gerada

A potencia ativa gerada com o GMG proposto é de 264 kW, a demanda média calculada com valores de 13 meses é de 759 kW.h e o valor pago por esta demanda é de R\$ 4413. Dessa forma a economia na conta de energia elétrica da granja pode ser calculada através da Equação 14.

$$Economia(R\$) = \frac{264 \times 4.417}{759} = 1.536 \quad (14)$$

Este valor é o que deixará de ser pago devido a energia gerada através do GMG e corresponde a 34,7% do valor médio mensal.

3.4 REDUÇÃO DE EMISSÕES E SEQUESTRO DE CARBONO

Neste ponto torna-se útil realizar uma estimativa bastante aproximada da redução na emissão de GEE obtidos com o projeto.

Segundo (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009), o biogás apresenta uma densidade de 0,67 kg/m³ e a densidade de CH₄ (Metano) varia entre 40 e 70%. Para o biogás produzido na granja estudada esta concentração é de 64%. A densidade do metano é de 0,72 kg/m³. Dessa forma o peso de metano contido em 1 m³ de biogás pode ser calculado através da Equação 15.

$$M_{CH_4} = 0,64 \cdot 0,72 \quad (15)$$

$$M_{CH_4} = 0,4608 \text{ kg} / \text{m}^3 \quad (16)$$

Se os efluentes provenientes dos animais fossem diretamente depositados no meio ambiente sem que houvesse a passagem pelo biodigestor eles, portanto emitiriam cerca de 460 g de CH₄ por m³. Ainda segundo (JÚNIOR e JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, 2009), o metano é 21 vezes mais poluente que o CO₂ e os créditos de carbono são também relacionados a emissões de gás carbônico. A cada metro cúbico de biogás queimado para geração de energia elétrica através do GMG,

teremos o seqüestro equivalente a 9,677 kg de CO₂ aproximadamente. Como mostra a Equação 17.

$$M_{CO_2} = 21.0,4608 \quad (17)$$

$$M_{CO_2} = 9,677 \text{ kg} \quad (18)$$

A Tabela 8 apresenta a produção media diária de biogás na granja que é de 1946 m³. Segundo (FOREXPROS, 2007) o valor de mercado de uma unidade de credito de carbono certificada variou de U\$ 7,01 a U\$ 7,60, no período de 18/04/2012 a 01/05/2012 como mostra a Figura 7.



Figura 8 - Valor de Mercado dos Créditos de Carbono.
Fonte: (FOREXPROS, 2007).

Para o calculo o valor utilizado será o valor do dia 02/05/2012 que é equivalente a 7,22 e esta destacado na Figura 7. Vale ressaltar que este valor esta muito abaixo do normal que já chegou próximo a 25 € no mês de fevereiro de 2008, segundo (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) , 2012).

Com os valores da redução de emissões, do volume de biogás produzido e o valor comercial do credito de carbono. É finalmente possível calcular o ganho monetário gerado com esta atividade. A Equação 19 apresenta o ganho médio diário 'G' em U\$ para a granja estudada.

$$G = 1946 \frac{m^3}{dia} \cdot 0,009677 \frac{T}{m^3} \cdot 7,60 \frac{U\$}{T} \quad (19)$$

$$G = 143,11 \frac{U\$}{dia} \quad (20)$$

Portanto em um mês a renda média gerada apenas pela negociação dos créditos de carbono certificados é de:

$$30.143,11 = U\$ 4293,56. \quad (21)$$

Esta estimativa mostra que embora a burocracia elevada, para que os créditos de carbono sejam certificados e possam ser negociados, a atividade se mostra bastante atrativa.

Na granja estudada, os biodigestores foram instalados por uma empresa do ramo e que arcou com o custo dos materiais, instalação e manutenção dos biodigestores instalados e em contra partida tem o direito de explorar a venda de 90% dos créditos de carbono gerados pelo período de dez anos, os 10% restantes são repassados ao dono da granja. Ao término deste período o dono da propriedade inicia o recebimento de 100% dos créditos de carbono, além de tomar posse das estruturas do biodigestor.

3.5 ANÁLISES DE VIABILIDADE

Estabelecido a viabilidade técnica do projeto, ou seja, gerar energia através da biomassa residual de dejetos de suínos e ter uma economia significativa no custo final da energia elétrica consumida. Também, conhecendo os custos para a implantação do projeto, com a aquisição do grupo gerador. Determinou-se a viabilidade econômica, a partir de métodos matemáticos, estabelecendo o fluxo de caixa do projeto por meio de indicadores como Valor Presente Líquido (VLP), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Recuperação do Capital (Payback).

A base de execução dos cálculos toma como base, que o proprietário tenha recursos financeiros próprios para a execução do projeto, sem ter que buscar recursos através de financiamentos, este recurso é chamado de Fluxo de Caixa Inicial (FC_0) e representa o custo inicial pra implantação do grupo GMG.

Primeiramente tomam-se para o retorno mensal do projeto os seguintes valores:

$$RM = VEG + CRC - CMM \quad (22)$$

$$RM = R\$1970 \quad (23)$$

Onde:

RM: Retorno Mensal do projeto em R\$;

VEG: Valor mensal em reais da Energia gerada pelo GMG;

CMM: Custo Mensal de Manutenção do GMG;

CRC: Valor em referente ao recebimento dos créditos de carbono.

Este valor é capitalizado a uma taxa de 0,7% ao mês, Taxa Mínima de Atratividade (TMA). É uma taxa de juros que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar quando faz um financiamento. A capitalização é feita por um período de 240 meses (horizonte de planejamento), ou seja, tempo estimado de durabilidade do projeto. Este valor capitalizado representa basicamente o inverso do valor que renderia uma aplicação da mesma quantidade de dinheiro na mesma taxa de juros, nos mercados atuais.

A somatória do RM capitalizado nos 240 meses representa o Valor Presente (VP). Ela é utilizada quando desejamos saber quanto é necessário investir hoje para que uma aplicação renda determinado valor ao longo de um período qualquer, ou qual deve ser o pagamento inicial em uma série de prestações uniformes. No caso do projeto como temos um tempo fixo de pagamento representado pela durabilidade do projeto e um valor de retorno mensal, o VP demonstrará o valor acumulado de capital ao termino das prestações. O VP pode ser representado conforme Equação (24)

$$VP = \sum_{j=1}^N \frac{FC_{jt}}{(1 + TMA)^j} \quad (24)$$

$$VP = R\$529.837 \quad (25)$$

A partir do VP, podemos calcular o Valor presente Líquido (VLP). O VPL é uma função utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento. Ele é definido como o somatório dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação, calculados a partir de uma taxa dada e de seu período de duração (LIMA, 2010).

Os fluxos estimados podem ser positivos ou negativos, de acordo com as entradas ou saídas de caixa. A taxa fornecida à função representa o rendimento esperado do projeto.

Caso o VPL encontrado no cálculo seja negativo, o retorno do projeto será menor que o investimento inicial, o que sugere que ele seja reprovado. Caso ele seja positivo, o valor obtido no projeto pagará o investimento inicial, o que o torna viável. Este é representado conforme a Equação (26)

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \quad (26)$$

$$VLP = R\$229.837,59 \quad (27)$$

No projeto em questão encontra-se um VLP de R\$ 229.837,59, o valor positivo, como já citado, demonstra que o projeto é viável economicamente no prazo estipulado. O valor do VLP pode nos mostrar outro fator. Este é conhecido como Payback ou Período de Recuperação do Capital, representa o tempo em meses necessário para que o projeto torne-se viável (LUCHTEMBERG et al., 2010), visível a partir de que o valor de VLP torne-se positivo deste que o valor do VPL passa a ser positivo,

Dividindo o valor de Payback pelo período de horizonte de planejamento (240 meses), verificamos um retorno do investimento em 65 % do tempo de vida estimado do projeto.

Para análise do lucro remanescente com o projeto calcula-se a partir da Equação (28) o valor de VLPA (Valor Presente Líquido Anualizado).

$$VLPA = \frac{VLP \cdot [TMA \cdot (1 + TMA)^N]}{[(1 + TMA)^N - 1]} \quad (28)$$

$$VLPA = R\$1980,06 \quad (29)$$

O VPLA tem a mesma interpretação do VPL, representa a expectativa de retorno distribuída em valores equivalentes anuais. Permite para efeito de comparação com o mercado, distribuir o ganho por ano, ou seja, para este projeto significa o valor de VLP capitalizado na mesma taxa TMA, ou simplesmente, o valor total remanescente capitalizado, dividido pelo período do projeto (LIMA, 2010).

Em uma segunda análise estabeleceu-se o valor de RBC (Relação Custo Benefício) ou IBC (Índice Custo Benefício). O IBC é uma medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido. É uma razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo Esperado de Investimentos necessários para realizá-lo (LUCHEMBERG et al., 2010). Assim, pode ser representado conforme as Equações 30 e 31.

$$IBC = \frac{\text{Valor presente do fluxo de benefício}}{\text{Valor presente do fluxo de investimento}} \quad (30)$$

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{B_j}{(1+TMA)^j}}{FC_0 + \frac{C_j}{(1+TMA)^j}} \quad (31)$$

$$IBC = 1,77 \quad (32)$$

A análise do IBC, é basicamente analisar a viabilidade de investimento no projeto, é análoga à do VPL

- Se $IBC > 1 \rightarrow$ projeto de investimento viável.
- Se $IBC < 1 \rightarrow$ projeto de investimento não viável.

Para o projeto em questão o $IBC = 1,77$, ou seja, para cada R\$ 1,00 imobilizado no investimento inicial do projeto, espera-se ganhar R\$ 77 ao término do período do Horizonte de Planejamento.

Como já citado o capital inicialmente investido, vem de recursos do próprio proprietário da granja, este abriu mão de uma valor presente, para uma expectativa de rentabilidade futura, o valor inicial foi capitalizado a uma taxa TMA já citada. Nesta parte de análise econômica representaremos o quão mais o produtor irá contabilizar em valores, ao termino do projeto em relação a taxa de juros, ou seja, quanto a mais do valor TMA seu projeto rendeu.

Primeiramente analisaremos o chamado ROIA (Retorno Sobre o Investimento). Este indicador é obtido a partir do IBC, representando as expectativas quanto ao retorno anual em valores relativos. Com isto facilita a interpretação da expectativa de rentabilidade por estar na mesma unidade de tempo da TMA. Pode ser expresso conforme a Equação 33.

$$Roia = \sqrt[N]{IBC} - 1 \quad (33)$$

$$Roia = 0,24\% \quad (34)$$

É a melhor estimativa da rentabilidade para um projeto de investimento. Representa, em termos percentuais, a riqueza gerada pelo projeto.

Dividindo o ROIA pelo TMA teremos o valor percentual a mais que o projeto renderá caso, seu capital inicial fosse aplicado no mercado a uma taxa TMA. conforme Equação 35.

$$\frac{ROIA}{TMA} = 33,90\% \quad (35)$$

Finalizando a Análise econômica do projeto calculou-se o TIR (Taxa Interna de Retorno). O TIR é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. Representa também a taxa que torna o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa igual à zero. Embora muitos a utilizem como medida de retorno, ela é pode ser comparada como medida de risco (LIMA, 2010). É expressa conforme Equação 36.

$$TIR = \sum_{j=1}^N \frac{Entradas_j}{(1+i)^N} - \sum_{j=1}^N \frac{Saídas_j}{(1+i)^N} = 0 \quad (36)$$

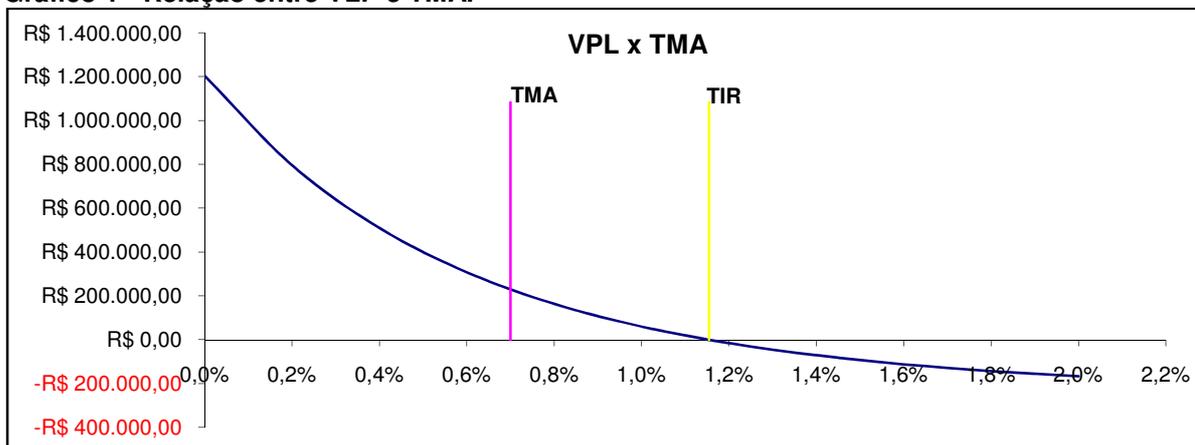
$$TIR = 1,15\% \quad (37)$$

O Valor do TIR encontrado representaria a fim de projeto que, se o proprietário não tivesse a disponibilidade de recursos financeiros inicialmente e

tendo que buscar os mesmos através de financiamentos. Poderia ele pagar uma taxa de financiamento ao mês até no valor do TIR que o projeto tornaria viável.

O Gráfico 1 abaixo demonstra o TIR em relação com o TMA, para o período analisado.

Gráfico 1 - Relação entre VLP e TMA.



Fonte: Autoria Própria.

A área entre as retas TMA e TIR representa aqui, a zona de risco, ou seja, qual o teto máximo que as taxas de investimento TMA podem subir sem que seu projeto torne não mais viável economicamente.

Com o intuito de melhor visualização dos resultados da análise econômica proposta. Também servir como base para projetos de implantações futuras, desenvolveu-se um programa no Software Excel. Neste implementou-se as fórmulas citadas acima e também fórmulas disponibilizadas pelo software para esta finalidade, para assim termos um comparativo entre os dois métodos. Os resultados obtido podem ser visualizados a partir das Tabelas 11e 12.

Tabela 11 - Análise Econômica.

Mês	Fluxo de Caixa	VP	VLP	Pay-back
0	-R\$ 300.000,00	-R\$ 300.000,00	-R\$ 300.000,00	Pay-back
1	R\$ 1.970,00	R\$ 1.956,31	-R\$ 298.043,69	Não pago ainda
2	R\$ 1.970,00	R\$ 1.942,71	-R\$ 296.100,99	Não pago ainda
3	R\$ 1.970,00	R\$ 1.929,20	-R\$ 294.171,78	Não pago ainda
119	R\$ 1.970,00	R\$ 858,93	-R\$ 141.276,13	Não pago ainda
120	R\$ 1.970,00	R\$ 852,96	-R\$ 140.423,16	Não pago ainda
121	R\$ 10.557,00	R\$ 4.539,15	-R\$ 135.884,01	Não pago ainda
122	R\$ 10.557,00	R\$ 4.507,60	-R\$ 131.376,42	Não pago ainda

153	R\$ 10.557,00	R\$ 3.631,04	-R\$ 6.154,53	Não pago ainda
154	R\$ 10.557,00	R\$ 3.605,80	-R\$ 2.548,73	Não pago ainda
155	R\$ 10.557,00	R\$ 3.580,74	R\$ 1.032,01	Pago
156	R\$ 10.557,00	R\$ 3.555,85	R\$ 4.587,86	Pago
237	R\$ 10.557,00	R\$ 2.020,95	R\$ 223.858,63	Pago
238	R\$ 10.557,00	R\$ 2.006,90	R\$ 225.865,53	Pago
239	R\$ 10.557,00	R\$ 1.992,95	R\$ 227.858,49	Pago
240	R\$ 10.557,00	R\$ 1.979,10	R\$ 229.837,59	Pago

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 12 – Valores Calculados Análise Econômica.

TMA	0,70%
N	240
Pay-back	155
VP	R\$ 529.837,59
VPL	R\$ 229.837,59
VPLA	R\$ 1.980,06
IBC	1,77
ROIA (mensal)	0,24%
ROIA/TMA	33,90%
Pay-back/N	65%
TIR	1,15%
TIRm	0,94%
TMA/TIR	60,62%

Fonte: Autoria Própria.

A análise demonstrada tem característica que o GMG será instalado mediante a instalação do biodigestor. Para uma segunda análise a partir do programa desenvolvido, implementou-se ou dados reais da granja. Esta análise visa a viabilidade do projeto, para o biodigestor já instalado a 7 anos. Sabe-se de antemão que o projeto terá um playback menor, visto que o tempo necessário para o recebimento de 100% dos créditos de carbono é menor. As Tabelas 13 e 14 demonstra a análise para este caso.

Tabela 13 – Análise Econômica caso real.

Mês	Fluxo de Caixa	VP	VLP	Pay-back
0	-R\$ 300.000,00	-R\$ 300.000,00	-R\$ 300.000,00	Pay-back
1	R\$ 1.970,00	R\$ 1.956,31	-R\$ 298.043,69	Não pago ainda
2	R\$ 1.970,00	R\$ 1.942,71	-R\$ 296.100,99	Não pago ainda
3	R\$ 1.970,00	R\$ 1.929,20	-R\$ 294.171,78	Não pago ainda
34	R\$ 1.970,00	R\$ 1.554,05	-R\$ 240.578,18	Não pago ainda

35	R\$ 1.970,00	R\$ 1.543,24	-R\$ 239.034,94	Não pago ainda
36	R\$ 10.557,00	R\$ 8.212,58	-R\$ 230.822,36	Não pago ainda
37	R\$ 10.557,00	R\$ 8.155,49	-R\$ 222.666,87	Não pago ainda
66	R\$ 10.557,00	R\$ 6.661,86	-R\$ 9.290,93	Não pago ainda
67	R\$ 10.557,00	R\$ 6.615,55	-R\$ 2.675,38	Não pago ainda
68	R\$ 10.557,00	R\$ 6.569,56	R\$ 3.894,18	Pago
69	R\$ 10.557,00	R\$ 6.523,90	R\$ 10.418,08	Pago
237	R\$ 10.557,00	R\$ 2.020,95	R\$ 653.695,85	Pago
238	R\$ 10.557,00	R\$ 2.006,90	R\$ 655.702,74	Pago
239	R\$ 10.557,00	R\$ 1.992,95	R\$ 657.695,70	Pago
240	R\$ 10.557,00	R\$ 1.975,10	R\$ 659.674,80	Pago

Fonte: Autoria Própria.

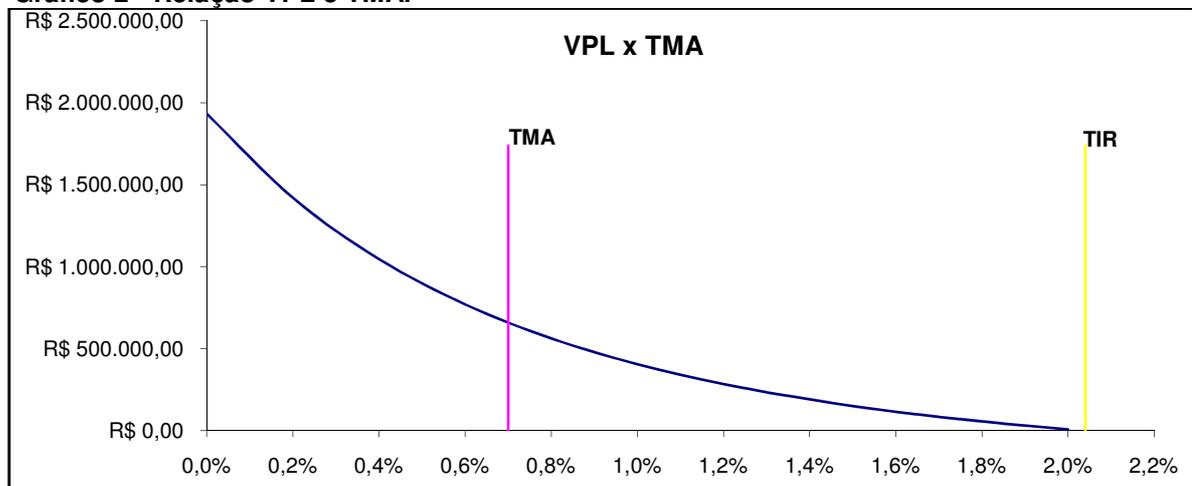
Tabela 14 - Valores Análise Real.

TMA	0,70%
N	240
Pay-back	68
VP	R\$ 959.674,80
VPL	R\$ 659.674,80
VPL(mensal)	R\$ 5.683,13
IBC	3,1989
ROIA (mensal)	0,49%
ROIA/TMA	69,38%
Pay-back/N	28%
TIR	2,04%
TIRm	1,19%
TIRm	1,19%
TMA/TIR	34,30%

Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 2 demonstra a relação entre VLP e TMA para o caso.

Gráfico 2 - Relação VPL e TMA.



Fonte: Autoria Própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando tecnicamente verificou-se que o biogás gerado pode ser perfeitamente utilizado como combustível para o GMG escolhido. Este por sua vez é preparado para a queima deste combustível. A energia gerada atenderá cerca de 35 % da demanda média da granja. Com o volume de biogás gerado o GMG escolhido terá autonomia de cerca de 18 horas diárias. Todos estes fatores mostram que tecnicamente a implementação do projeto é totalmente favorável.

O trabalho contou com muitos indicativos financeiros e que facilitam a análise da viabilidade econômica do projeto, estes contribuem positivamente para verificar quesitos que a uma visão superficial não são percebidos.

O panorama do projeto é de 240 meses, a empresa que fornece os materiais e a instalação do biodigestor recebe 90% do valor gerado pela venda dos créditos de carbono, os indicativos financeiros para esta situação são mostrados na Tabela 12.

A expectativa é que a granja recupere os investimentos e, além disso, também o montante gerado pela aplicação dos R\$ 300.000 a uma taxa de 0,70% ao mês (TMA), o indicativo VLP mostra que o projeto acumulará ao final do seu tempo de duração um total de R\$ 529.837,59 além do obtido através da aplicação a uma taxa TMA mensal, o indicativo VPL desconta o valor investimento indicando, portanto, um valor de R\$ 229.837,59 que representa o valor presente ganho além do obtido através da aplicação a uma taxa TMA mensal. É possível prever o ganho mensal com a implantação do projeto que é de R\$ 1.980,06 além daquilo que seria auferido pela aplicação dos recursos no mercado financeiro a uma taxa TMA mensal, esta informação possibilita uma boa visualização da magnitude do ganho obtido.

Porém segundo (LUCHTEMBERG et al., 2010), os indicativos VPL e VPL(mensal) expressam o retorno do investimento em valores monetários absolutos e não em valores relativos, como é usual no mercado. O indicativo IBC corrige esta deficiência, e mede a expectativa de retorno para cada unidade de capital imobilizado no projeto, para a situação abordada a previsão é de obter R\$ 1,77 para cada R\$ 1,00 imobilizado. Deve-se lembrar que este valor refere-se ao ganho além do que se teria com a aplicação a uma taxa TMA mensal. O indicativo ROIA

representa percentualmente a riqueza gerada pelo projeto, indica um valor de 0,24% ao mês além dos 0,70%.

Com a implementação do indicativo TIR é possível definir um limite para a variação da TMA (0,70% ao mês) o Gráfico 1 mostra que em quanto o TMA permanecer a uma taxa inferior ao valor do TIR que é de 1,15% a mais perspectivas de lucratividade com o projeto do que com o dinheiro aplicado a uma taxa TMA mensal. A proximidade entre TIR e TMA no gráfico expressa o risco do investimento, neste caso para que o mercado financeiro pague a mesma lucratividade obtida com o projeto, a taxa TMA teria que elevar-se 164,2% alcançando o valor do TIR, isso mostrando boa segurança para o empreendimento.

O tempo necessário para os rendimentos provenientes do projeto paguem o valor investido é indicado pelo Pay-back que indica um tempo de 155 meses, que é 65% do tempo total do projeto.

Segundo (LUCHTEMBERG et al., 2010), é possível obter um indicador de risco dividindo TMA pela TIR, para este projeto o valor encontrado é de 60,62 %, para que haja lucratividade, este valor deve ser menor do que a unidade. Através deste indicador é possível prever que o mercado financeiro pagaria 60,62 % do montante investido a uma taxa TMA.

Os indicativos mostrados na Tabela 14 foram calculados para verificar a implantação do GMG para a situação atual da granja, em que faltam 36 meses para que todo o valor referente a venda de créditos de carbono seja repassado ao proprietário mensalmente. Os indicativos são os mesmos mencionados anteriormente, porem para esta realidade o investimento se torna ainda mais atraente. Considerando a mesma taxa TMA, verifica-se que o valor de VP é R\$959.674,80 e, portanto, o ganho além do investimento a taxa TMA é de R\$ 659.674,80 tornando o ganho mensal igual a R\$ 5.683,13.

Para a realidade da granja estima-se ganhar R\$ 3,19 para cada real imobilizado, fazendo o projeto render 0,49% além da TMA.

O Gráfico 2 mostra que o risco diminui para esta situação, podendo a TMA subir até o valor de 2,04% o que representaria um aumento de 291%. Isto é, a taxa de juros ofertada pelo mercado financeiro teria que ter um acréscimo de 291% para que o investidor obtivesse a mesma rentabilidade alcançada com o projeto. Dividindo TMA por TIR verifica-se neste caso que o mercado financeiro pagaria

apenas 34,3% do investimento a uma taxa TMA. Tudo isso traz o valor investido no projeto em 68 meses.

Para os dois casos analisados o projeto proposto mostra-se atrativo. O primeiro caso apresenta o maior risco devido principalmente ao tempo de retorno do investimento "Pay-back", isto se deve a ausência de entradas em caixa dos valores referentes a venda dos créditos de carbono gerados mensalmente.

No contexto atual em que a granja encontra-se, o investimento é extremamente atrativo e com previsões de ganhos expressivos. Os resultados encontrados comprovam a viabilidade técnica e econômica para a implantação do GMG gerador na granja de suínos estudada de maneira que os indicadores econômicos analisados neste trabalho mostram clara e objetivamente isto.

5. REFERÊNCIAS

AGCERT DO BRASIL SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA. **Relatório de dados de dejetos produzidos por fase de reprodução**. São Paulo. 2012.

ARAPONGAS. Arapongas: Tecnologia Mecânica, 2011. Disponível em: <<http://www.arapongas.org>>. Acesso em: 17 Outubro 2011.

BANDEIRA, Daniele D. O. et al. **Resenha Energética Brasileira**. Ministério de Minas e Energia. Brasília-DF, p. 28. 2011.

BARROS, Reynaldo. **Energia para um Novo Mundo**. Rio de Janeiro: CREA-rj, 2007.

BONFANTE, Tália 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. 175p. Dissertação - Universidade de São Paulo- Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Roberião Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

CERVI, Ricardo G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbica: Estudo de caso em unidade biointegrada**. 2009. 57p. Dissertação - Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho"- Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista-Unesp, Botucatu, 2009.

CHAPMAN, Stephen J. **Máquinas Eléctricas**. 4a. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2005.

COMÉRCIO, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIA E. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio, 2011. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 01 Outubro 2011.

DARTORA, Valmir; PERDOMO, Carlos C.; TUMELERO, Ivone L. **MANEJO DE DEJETOS DE SUÍNOS**. Concórdia-SC: Aves, Embrapa Suínos e EMATER/RS, 1998.

EMBRAPA. Sistema de Tratamento de Dejetos Suínos. Inventário Tecnológico, 2011. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/09.html>>. Acesso em: 10 Novembro 2011.

ER-BR- ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA. **Gerando Energia e Preservando a Natureza**, 2008. Disponível em: <<http://www.erbr.com.br>>. Acesso em: 17 Março 2012.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA) , 2012. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/>>. Acesso em: 26 Abril 2012.

FERREIRA, Andréia C. et al. **Digestão anaeróbica de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás**. 1a. ed. Vitória: Abes, 2003.

FIGUEIREDO, Natalie J. V. D. **Utilização do biogás de aterro sanitário para a geração de energia elétrica e iluminação a gás- Estudo de caso**. 2007. 90p. Universidade Presbiteriana Mackenzie - Escola de Engenharia , Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

FITZGERALD, A. E.; CHARLES KINGESLY JR; UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas com Indução à Eletrônica de Potência**. 6a. ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

FOREXPROS. Forexpros: Financial Markets Worldwide, 2007. Disponível em: <<http://www.forexpros.com.pt/>>. Acesso em: 20 Abril 2012.

GASPAR, Rita 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**. 2003. 119p. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

INSTITUTO CARBONO BRASIL. Instituto CarbonoBrasil de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2012. Disponível em: <http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mercado_de_carbono/protocolo_de_quito>. Acesso em: 17 Fevereiro 2012.

JÚNIOR, Cícero B.; JOSÉ CARLOS LIBÂNIO, Maurício G. M. M. O. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas e ambientais**. 2a. ed. Foz do Iguaçu-PR/Brasília-DF: Tecnopolitik, 2009.

JURAS, Ilidia D. A. G. M. **CRÉDITOS DE CARBONO**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília-DF, p. 11. 2009.

LIMA, José D. D. **Proposição de um Sistema de Planejamento da Produção Olerícola nas Unidades de Produção Familiar**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia. Porto Alegre, p. 256. 2010.

LUCHTEMBERG, Ilson C. et al. Viabilidade Técnica e Econômica da Verticalização na Produção de Válvulas Reguladoras de Pressão para Painéis de Pressão em Indústrias de Artefatos de Alumínio. **XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, São Carlos-SP, 12 a 15 Outubro 2010. 12.

MACINTYRE, Archibald J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3a. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos-LTC, 1996.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. PROINFA- Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica, 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 15 Outubro 2011.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDUSTRIA E COMÉRCIO. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio, 2011. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 01 Outubro 2011.

OLIVEIRA, Paulo A. V. D. **MANUAL DE MANEJO E UTILIZAÇÃO**. Documentos, 27. ed. Concórdia-SC: CNPSA -EMBRAPA, 1993.

SANTOS, Afonso H. M. et al. **Conervação de Energia - Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3a. ed. Itajubá: FUPAI, 2006.

Estoques
Data: 27/04/2012

GRANJA SIVIERO
AGRINESS S2 - 4.05-C
27/04/2012 18:17

FÊMEAS

POR SITUAÇÃO	Quant.	%
Ativas	1193	99,17
Descartadas	10	0,83
Total	1203	

POR ESTADO REPRODUTIVO	Quant.	%
Leitoas	109	9,14
Vazias	66	5,53
Gestantes	894	74,94
Lactantes	124	10,39
Total	1193	

FÊMEAS

POR CICLO	Quant.	%
Ciclo 0	109	9,14
Ciclo 1	149	12,49
Ciclo 2	136	11,40
Ciclo 3	131	10,98
Ciclo 4	206	17,27
Ciclo 5	112	9,39
Ciclo 6	185	15,51
Ciclo 7	106	8,89
Ciclo 8	35	2,93
Ciclo 9	19	1,59
Ciclo 10	3	0,25
Ciclo 11	1	0,08
Ciclo 12	1	0,08

MACHOS

POR SITUAÇÃO	Quant.	%
Descartados no Rebanho	2	10,53
Utilizados em inseminação artificial	12	63,16
Utilizados em monta natural	5	26,32
Total	19	

LEITÕES

	Quant.	%	Hospital
Maternidade	1403	29,81	
Creche	3304	70,19	
Recra	0	0,00	
Leitões Desclassificados	0	0,00	
Total	4707		

Estoque total 5929

ANEXO 2 – DADOS DO GMG



GRUPO GERADOR À BIOGÁS
GSCA330 - 330 kVA


100%



GRUPO GERADOR - GSCA330		
Potência	Standby	Prime
	330 kVA / 264 kW	300 kVA / 240 kW
Combustível	BIOGÁS (ideal - concentração de metano > 55%) GÁS NATURAL	
Consumo (Nm ³)	Biogás @ 6500 kcal 108 Nm ³ /h	GÁS NATURAL 78 Nm ³ /h
Saída	127V / 220V AC 220V / 380 V AC	
Controle de Rotação	Eletrônico do tipo isócrono com controle por sensor eletromagnético e proteção contra sub e sobrevelocidade.	
Chassi	Perfis de chapa de aço carbono, dobrados em "U", frios ou laminados, soldados com tecnologia MIG, com pintura esmaltada.	
Dimensões Alt./Larg./Comp.	2900mm X 1150mm X 3200mm	
Peso (Kg)	2450	
MOTOR - SCANIA		
Modelo	SGI 12 6 cilindros / 24 válvulas	
Tensão de Operação	12VCC / 2 Baterias Chumbo ácida 200 AH	
Refrigeração	A água com radiador, ventilador e bomba d' água	
ALTERNADOR - WEG		
Acoplamento	Tipo rígido com flange	
Sistema de Ligação	Estrela com Neutro acessível (Trifásico)	
Distorção harmônica	Abaixo de 4% (média de 3,5%)	
Tensões de saída	220V / 127V (380V / 220V - opcional)	
Fator de Potência	0,8	
Corrente Max. (220/ 380)	867 A / 456 A	
Classe de isolamento	"F"	
Grau de proteção	IP-21	
Refrigeração	Ventilador centrifugo montado no próprio eixo	
Numero de pólos	4	
Rotação	1800 RPM	
Frequência	60 Hz	
Sobrecarga admitida	10 % durante 1h a cada 12h de funcionamento	
Especificações sujeitas a alteração sem prévio aviso.		

**AUMENTE O LUCRO DO SEU NEGÓCIO
GERANDO ENERGIA E PRESERVANDO A NATUREZA**

ANEXO 3 – TARIFAÇÃO DE ENERGIA



Qualificação S.A.
 José Roberto Soares, 152 B/C - Maracajá - Curitiba/PR - CEP 81200-240
 CNPJ: 04.248.888/0001-00 - Fone: 011 333.073.03 - 84.423.502.4

www.copel.com
 0800 51 00 116

DARCI SIMERO
 LIN ANTONIO MULLER,
 EAFI - CLEVELANDIA - PR - 86630000
 01966 01 690 001003
 CPF: 398.831.649-34

Mês de referência **Unidade Consumidora**

Abril/2012

80121098

VENCIMENTO **VALOR A PAGAR**

24/04/2012

R\$ 81,29

FAT 01 2012040011489732

Responsável: 13899 da Manutenção de Iluminação Pública: Município
 462528000

Informações Técnicas

Atividade: OCUERSON, SERVICOS, OUTRAS ATIVIDADES

Letra Anterior	Letra Atual	Módulo	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Letra Pretaba
00/02/2012	05/04/2012	30 dias	40	192 kWh	5,33 kWh	12/04/2012	01/05/2012

Nº Medidor: 002204454 / TRIFASICO

Histórico de Consumo e Pagamento

Mes	kWh	Dt. Fyge.	Valor
03/2012	192	24/03/2012	81,29
02/2012	190	24/02/2012	81,29
01/2012	190	24/01/2012	81,29
12/2011	193	26/12/2011	121,53
11/2011	190	24/11/2011	89,90
10/2011	190	24/10/2011	81,21
09/2011	190	26/09/2011	81,21
08/2011	190	24/08/2011	60,55
07/2011	190	25/07/2011	47,36
06/2011	200	24/06/2011	95,25
05/2011	190	24/05/2011	86,99
04/2011	190	25/04/2011	77,94

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA No. 002.887.479 SER/S - R
 Emissão em: 09/04/2012

Produto / Descrição	Unid.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Calc.	Alíq. ICMS
Energia Elétrica Consumo	kWh	192	3.448790	71,60	71,60	28,00%
Total - Preço (1)				71,60		
Cont. Furn. Pública Município				9,49		
Total - Outros (2)				9,49		

Indicadores de Qualidade

Instituto: CLEVELANDIA, Ref: 020813

	DIQ	FC	DMO	ELUSO 55
Realizado:	0,00	0,00	0,00	35,57
Limite Mensal:	16,47	7,80	0,00	
Limite Trimestral:	21,70	10,40		
Limite Anual:	42,49	21,20		

Unidade Consumidora: 1270227486
 Limite Adequado de Tensão: a la volta

Tudo constante de los indicadores DIQ, FC e DMO definidos pelo ANEEL, emitido em conformação das normas de consumo para consumidores no atendimento de âmbito de atendimento solicitar a aplicação destas indicadoras a qualquer tempo.

Aviso de Vencimento

INCLUI NA FATURA PB: R\$ 0,84 E COPRE: R\$ 0,07 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.
 MANTENHA SUAS CONTAS EM DIA, EVITE MULTA DE 2% E JUROS (100% + TJI).
 PAGUE SUAS CONTAS EM DIA E EVITE A INCLUSÃO DE SEU NOME NO SERVAÇO.
 AGENCIA PÚBLICA ANEEL: EM 014 SOBRE RUA TUPACATIÁ, VILA MIRIM ANEEL GOUBERNADOR FATURADO PELA MEDIDA LETURAS NÃO FORNECIDAS - LMR.
 FATOR DE POTÊNCIA - 97,61%

LANÇADO

24/04/12

Identificação

00121098

Vencimento

24/04/2012

Mês

04/2012

Valor a Pagar

R\$ 81,29

Autenticação Mecânica



83850000004512901110005001010020129406714897321



**COPEL**

Copel Distribuição S.A.
 Rua João Batista, 180 M.C. - Maringá - Paraná - CEP 81200-240
 CNPJ: 04.368.006/0001-05 - Fone: 011 3012 473-99 - Fax: 011 3012 460-4

www.copel.com
 0800 51 00 116

DARCI SIVERO
 LIN ANTONIO MULLER,
 SAPI - CLEVELANDIA - PR - 85500000
 81968 21 600 797300
 CPF: 306.831.649-34

Mês de referência Unidade Consumidora

Abril/2012

64063712

VENCIMENTO

VALOR A PAGAR

24/04/2012

R\$ 825,98

FAT.01.2012460114801.06

Responsabilidade da Manutenção de Iluminação Pública: Município
 462228500

Informações Técnicas

Nº Medidor: 020184143 / TRFAGCO

Atividade: RURAL

Letra Anterior	Letra Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Letra Prevista
08032012 32745	06942012 37806	30.036 4253 kWh	1	4253 kWh	141,02 kWh	12/04/2012	07/05/2012

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	DL Pgto.	Valor
03/2012	4187	28/03/2012	808,34
02/2012	5204	24/02/2012	1.755,40
01/2012	3887	24/01/2012	717,14
12/2011	3565	25/12/2011	714,48
11/2011	4813	24/11/2011	855,64
10/2011	2210	24/10/2011	428,71
09/2011	3726	28/09/2011	729,89
08/2011	4522	24/08/2011	871,00
07/2011	3570	25/07/2011	766,86
06/2011	4072	24/06/2011	760,15
05/2011	3508	24/05/2011	729,54
04/2011	3125	25/04/2011	569,56

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELETRICA No. 001.064.873 SERIE - B
 Emitida em: 04/04/2012

Produto Descrição	Unid.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Calc. ICMS	Alc. ICMS
Energia Elétrica Consumo	kWh	4256	190,883	825,98	825,98	0,00%
Total - Preço (1)				825,98		

Indicadores de Qualidade

empres: CLEVELANDIA Ref: 420812

	OSC	PAR	DESC	Índice de Qualidade de Serviço
Índice de Qualidade de Serviço	0,00	0,00	0,00	1,000,00
Índice de Qualidade de Serviço	10,87	7,82	3,08	
Índice de Qualidade de Serviço	21,74	15,64		
Índice Anual	43,49	31,28		

Índice Contratado: 100,000 Volts
 Índice Adequado de Serviço: 116 a 100,000 a 231 Volts
 Nota: Comparação dos indicadores O.C, P.C e D.C definidos pela ANEEL, com o desempenho das empresas do setor elétrico em âmbito nacional. O resultado é atribuído ao consumidor sob a forma de um índice de qualidade de serviço.

Base de Cálculo do ICMS	Valor ICMS	Valor Total da Nota Fiscal
0,00	0,00	R\$ 825,98

Composição dos Valores	Reservado ao Fisco
Distribuição: 252,23	
Preço de Mercado: 120,52	
Energia: 280,71	
Transmissão: 12,24	
Perdas: 34,18	
Outros: 85,88	
Valor Total: 825,98	

DA21.D3EB.18C1.6D86.D57F.BA82.E03C.6PDF

Aviso de Vencimento

INCLUI VAFATURA R\$ 5,68 E COPRES R\$ 44,92 CONFORME RES. ANEEL 153/2005. MANTENHA SUAS CONTAS EM DIA. EVITE MULTA DE 2% E JUROS (GPM + 1%). PÁGUE SUAS CONTAS EM DIA E EVITE A INCLUSÃO DE SEU NOME NO SERASA. AUDIÊNCIA PÚBLICA ANEEL EM 27/04 SOBRE REVISÃO Tarifária veja WWW.ANEEL.GOV.BR CONSUMO FATURADO PELA REDA. LEITURAS NÃO - CORRIGIDAS - LNK

INCLUI VAFATURA R\$ 5,68 E COPRES R\$ 44,92 CONFORME RES. ANEEL 153/2005. MANTENHA SUAS CONTAS EM DIA. EVITE MULTA DE 2% E JUROS (GPM + 1%). PÁGUE SUAS CONTAS EM DIA E EVITE A INCLUSÃO DE SEU NOME NO SERASA. AUDIÊNCIA PÚBLICA ANEEL EM 27/04 SOBRE REVISÃO Tarifária veja WWW.ANEEL.GOV.BR CONSUMO FATURADO PELA REDA. LEITURAS NÃO - CORRIGIDAS - LNK

LANÇADO
 24 / 04 / 12

Identificação
 64063712
 Vencimento
 24/04/2012

Mês
 04/2012
 Valor a Pagar
 R\$ 825,98

Autenticação Mecânica



63520002008 8 25960111000 0 00101002012 9 45671486156 3



