

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GESTÃO E ECONOMIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL

JEFERSON RODRIGO BRUN

**UM ESTUDO MULTICASOS PARA COMPENSAÇÃO DE ENERGIAS  
RENOVÁVEIS:  
VANTAGENS DA BIOMASSA À LUZ DA RESOLUÇÃO NORMATIVA  
482 de 17/04/12 DA AGÊNCIA NACIONAL ELÉTRICA (ANEEL)**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA-PR

2012

JEFERSON RODRIGO BRUN

**UM ESTUDO MULTICASOS PARA COMPENSAÇÃO DE ENERGIAS  
RENOVÁVEIS:  
VANTAGENS DA BIOMASSA À LUZ DA RESOLUÇÃO NORMATIVA  
482 de 17/04/12 DA AGÊNCIA NACIONAL ELÉTRICA (ANEEL)**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Gestão Pública Municipal.” -

Orientador: Prof. Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz

CURITIBA-PR

2013

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos e principalmente aos que foram privados de minha companhia para que eu pudesse realizá-los, meus filhos, Maria Beatriz e Pablo.*

*A você Simone, companheira no amor, na vida e nos sonhos, que sempre me apoiou nas horas difíceis e compartilhou comigo as alegrias.*

## RESUMO

BRUN, Jeferson. Um Estudo Multicasos Para Compensação de Energias Renováveis: Vantagens da Biomassa à Luz da Resolução Normativa 482 de 17/04/12 da Agência Nacional Elétrica (ANEEL). 2013 (73fls.). Monografia (Curso de Especialização em Gestão Pública Municipal) - Programa de Pós-Graduação *Departamento Acadêmico de Gestão e Economia*. Curitiba, 2012

Esta pesquisa apresenta a Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/2012, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que regulamentou a micro e mini produção de energia, ou seja, explicou que os proprietários de residências, comércio e indústria poderão produzir sua própria energia, bem como, que as concessionárias deverão adequar seus medidores a um modelo que permita que a energia gerada e não consumida no local possa ser enviada à rede para outro ponto e gerar créditos para o consumidor em sua próxima fatura. O primeiro objetivo abordado foi descrever as mais diversas fontes de energias renováveis para somente após citar projetos como os apresentados pela Usina de Itaipu que teve como objetivos tratar os dejetos das criações de porcos e vacas de uma localidade no município de Marechal Cândido Rondon/PR para despoluir o lago da usina. Outrossim, através deste foi demonstrado que projetos como o dos biodigestores que trabalham com o manejo sustentável de dejetos de animais ganham grande importância pois além dos grandes benefícios diretos ao meio ambiente como a despoluição dos rios e o próprio saneamento básico, ainda auxiliam para que os moradores possam ver suas cozinhas abastecidas pelo biogás, suas plantações adubadas pelo seu próprio biofertilizante além de ter todas suas instalações cobertas por energia renovável e ao final ainda auferir lucros com as sobras energéticas. Destacou-se ainda que a resolução que permite até 1 MW de Mini geração Distribuída por mês, energia que é capaz de atender até 800 casas ao mês, pode ser aplicado no consumo de energia nos prédios municipais, paço, secretarias municipais, escolas da rede municipal de ensino, entre outras repartições, bem como, na iluminação pública, semáforos e demais. Desta forma demonstramos que esta prática pode beneficiar até 100% da necessidade energética da Fazenda Municipal com até 20.000 habitantes. Assim demonstramos que utilizando a resolução citada e aplicando o sistemas de produção da energia renovável de biomassa principalmente nos dejetos de animais e de esgotos poderemos alavancar a qualidade e o padrão de vida dos pequenos municípios e ou pequenas localidades.

**Palavras-chave:** Compensação de Energia, Biomassa, Biodigestor, Gestão Pública

## ABSTRACT

BRUN, Jeferson. A multicase study Compensation For Renewable Energy: Advantages of Biomass in the Light of Normative Resolution 482 of 17/04/12 the National Electricity Agency (ANEEL). 2013 (73fls). Monograph (Specialization Course in Municipal Public Management) - Graduate Program Academic Department of Economics. Curitiba 2012

This research presents the Normative Resolution ( RN ) 482 of 17/04/2012, published by the National Electric Energy Agency ( ANEEL ) which regulates the mini and micro energy production, at last, explained that owners of residential, commercial and industrial can produce their own energy and that utilities should adjust their meters to a model that allows the energy generated and consumed on site can not be sent to the network to another point and generate credits for consumers in their next bill . The first objective was addressed describe the various sources of renewable energy to name only after projects such as those presented by the Itaipu Dam which aimed to treat manure from pig farms and cows from one location in the city of Marechal Candido Rondon / PR to clean up the lake from the plant . Furthermore , it was demonstrated that through this project as the digesters working with the sustainable management of animal manure to gain great importance because besides the large direct benefits to the environment as pollution of rivers and sanitation own , even help for residents can see their kitchens fueled by biogas , their crops fertilized by its own biofertilizer addition to offering all its facilities covered by renewable energy and at the end still make profits with the leftover energy . It was stressed that the resolution still allowing up to 1 MW of distributed generation Mini per month energy that is able to cater up to 800 homes per month, can be applied in energy consumption in municipal buildings , palace, municipal offices , schools network municipal education , among other offices , as well as in public , traffic lights and other lighting. Thus we have shown that this practice can benefit up to 100 % of the energy requirement of Farm Town with up to 20,000 inhabitants . Thus we demonstrate that using the aforementioned resolution and applying the systems of production of renewable energy from biomass mainly in animal waste and sewage can leverage the quality and standard of life of small towns and villages or small .

Keywords : Compensation Energy , Biomass , Biodigestor , Public Management

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
2.1 RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 DA ANEEL ...	10
2.1.2 Definições e Conceitos .....	10
2.1.3 A Compensação de Energia Elétrica .....	11
2.1.4 Da Medição de Energia e Demais Responsabilidades .....	12
2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	13
2.2.1 Energia Solar .....	15
2.2.2 Energia Eólica .....	16
2.2.3 Energia Geotérmica .....	17
2.2.4 Energia Hídrica .....	18
2.2.5 Energia dos Oceanos .....	18
2.2.6 Energia de Hidrogênio .....	19
2.3 BIOMASSA .....	20
2.3.1 Biofertilizante .....	20
2.3.2 Biogás .....	21
2.3.3 Biomassa nos Resíduos Sólidos .....	22
2.3.4 Biomassa do Esgotamento Sanitário .....	23
2.4 GESTÃO PELA FAZENDA PÚBLICA MUNICIPAL .....	24
2.4.1 Previsões Legais para o Município .....	25
2.4.2 Da Autonomia da Iluminação Pública .....	26
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
<b>4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
4.1 O CASO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON/PR .....	30
4.2 ESTUDO DE CASO DA ETE DE MADRE DE DEUS/BA .....	31
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>34</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	35
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos o ser humano acostumou-se a sobreviver usando somente os recursos naturais que o planeta lhe oferecia. Outrossim, com a evolução da sociedade o ser humano agregou conhecimento e somente utilizou este para a exploração dos recursos, causando assim diversos problemas como a falta de energia e a grande produção de resíduos.

Desta forma é sabido que o ser humano não consegue parar de gerar resíduo, bem como, que este resíduo é um grande problema para a saúde e o saneamento básico. Desta forma mesmo existindo uma série de programas voltados para sua face o tema é hoje prioridade para qualquer município brasileiro.

Sendo assim, esta dissertação tem como intuito demonstrar que a problemática de falta de energia e a grande produção de resíduos são na verdade complementos e solução uma para outra. Esta afirmativa deve-se ao fato de que os resíduos gerados podem ser transformados em energia renovável e como estímulo ao produtor/gerador existirá além de benefícios na qualidade de vida também uma lucratividade real e monetária.

O tema em seu título principal “Um Estudo Multicasos Para Compensação de Energias Renováveis” foi escolhido primeiramente para demonstrar as mais diversas fontes de energia renováveis, bem como, explicar que toda e qualquer forma de energia pode através da Resolução 482 da ANEEL ter a sua produção/geração compensada diretamente na rede de energia elétrica, gerando assim bônus e rentabilidade.

Ainda assim, o subtítulo “Biomassa” foi escolhido por se tratar objetivamente de resíduos, e este ser o grande vilão da sociedade moderna. Podemos debater assim através do tema proposto as duas formas de benefício que a produção de energia através de biomassa pode gerar para a sociedade, sendo como primeiros louros a própria qualidade de vida e economia aos munícipes e a segunda a economia de valores para a Fazenda Pública Municipal.

Desta forma esta dissertação trouxe a tona o problema gerado pela incoerente e insustentável utilização dos combustíveis fósseis, bem como, pela necessidade de se buscar novas fontes energéticas.

Utilizando-se de exemplos práticos e inovadores ocorridos em experimentos similares em duas cidades diversas, podemos comprovar que a utilização da compensação de energia gerada pela biomassa atinge direta e indiretamente todas as classes econômicas da população já que em geral os municípios não tem nenhuma capacitação para administrar seus resíduos sólidos como o lixo e o esgotamento sanitário, ou ainda as produções agrícolas e dejetos de animais.

E para se atingir este objetivo esta dissertação teve como base um estudo multicasos de aproveitamento de energias renováveis atendo-se a diferença apenas na não aplicação da Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/2012 da (ANEEL). O trabalho engloba uma análise energética geral e uma compreensão mais aprofundada sobre biomassa e sua utilização por pequenas localidades, trazendo a baila dois exemplos de casos ocorridos conforme o descrito.

## 1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo principal do trabalho é demonstrar de forma teórica um projeto que possibilite os municípios de prestar de forma autônoma a gestão do seu sistema de iluminação pública. Tal sistema é baseado através da produção energética com base na energia proveniente da Biomassa. A ideia, com isso, é utilizar dos subprodutos como dejetos de animais, matérias orgânicas de esgotamentos sanitários ou ainda sobras de cultivos para a geração de energia e após utilizar a compensação garantida pela resolução 482/2012 da ANEEL.

Assim a grande questão de pesquisa é demonstrar que é possível para um município gerar de forma autônoma energia suficiente para todos os seus gastos com iluminação pública.

Além destes, o trabalho também apresenta outros objetivos específicos, que são:

Interpretar a Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/12, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que regulamenta a micro e mini produção de energia.



Citar as energias consideradas renováveis demonstrando a grande qualidade de poder ser produzidas no quintal de qualquer casa, sendo apenas necessário que o “produtor” adeque aquela que melhor lhe convém.

Discutir sobre os diversos subprodutos que dão origem a biomassa, bem como, das benesses do biofertilizante e do biogás.

Avaliar os pontos positivos para a Fazenda Municipal, bem como, para as mais remotas comunidades que possam se valer do projeto.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O desenvolvimento do presente trabalho foi dividido em etapas, que estão transcritas neste material na forma de 5 capítulos, sendo o primeiro deles a introdução e apresentação do tema proposto.

O Capítulo 2 apresenta as descrições e os dados relevantes para a referência bibliográfica segundo a transcrição do autor e dos autores escolhidos.

No Capítulo 3, é apresentada a metodologia do trabalho.

Antes de apresentar a teoria e a base jurídica e transcrever para um modelo de sistema, ele foi parcialmente aplicado e simulado em projetos/estudos de casos similares propostos em outros trabalhos e apresentados no Capítulo 4 como exemplo de resultados.

E por fim serão apresentadas as considerações finais conclusões e principalmente as sugestões para trabalhos futuros que estão descritas no quinto e último capítulo do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº482, DE 17 DE ABRIL DE 2012 DA ANEEL

A Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/12, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou a micro e mini produção de energia, ou seja, segundo (MENEZES; SIRLEY, 2012) proprietários de residências, comércio e indústria poderão produzir sua própria energia e, a maior novidade, é que as concessionárias devem adequar seus medidores a um modelo que permita que a energia gerada e não consumida no local possa ser enviada à rede para consumo em outro ponto e gerar créditos para o consumidor na próxima fatura.

#### 2.1.2 Definições e Conceitos

A citada resolução tem como primeiro objetivo estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia elétrica. Desta forma podemos definir da seguinte forma;

Microgeração: A microgeração distribuída é uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utiliza fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010)

Minigeração: A minigeração distribuída é uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010)

Compensação: O sistema de compensação de energia elétrica é um sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou

de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010)

Desde o final do ano de 2012 as distribuidoras já estão aptas para atender às solicitações de acesso para microgeradores e minigeradores onde inclusive estão os usuários dispensados da assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para a microgeração e minigeração distribuída que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, nos termos da lei, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores.

Outro ponto de forte apoio ao acesso é a determinação que os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica não deverão fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora.

### **2.1.3 A Compensação de Energia Elétrica**

Conforme determinado pela presente resolução, após ser liberada na rede para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses, assim, o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes.

Outros sim, na existência de diversos postos tarifários com energia ativa injetada em um determinado posto tarifário sendo superior à energia consumida, a diferença deverá ser utilizada para compensação em outros postos tarifários dentro

do mesmo ciclo de faturamento, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas, desta forma, os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ).

Importante lembrar que é o consumidor que irá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica, devendo a unidade consumidora onde se encontra instalada a geração ser a primeira a ter seu consumo compensado. No entanto a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia. Por fim, os créditos de energia ativa resultantes após compensação em todos os postos tarifários e em todas as demais unidades consumidoras expirarão em 36 (trinta e seis) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo.

#### **2.1.4 Da Medição de Energia e Demais Responsabilidades**

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 define que os custos referentes à adequação do sistema de medição, necessário para implantar o sistema de compensação de energia elétrica, são de responsabilidade do interessado. Este custo é a diferença entre o custo dos componentes do sistema de medição requerido para o sistema de Compensação de energia elétrica e o custo do medidor convencional utilizado em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão.

Desta forma o sistema de medição deve ser instalado pela distribuidora, que deve cobrar dos interessados o custo de adequação. Após a instalação o sistema de medição deve ser registrado no ativo imobilizado em serviço, devendo a parcela de responsabilidade do interessado ser contabilizada em contrapartida à Concessão do Serviço Público de Energia Elétrica. Consignando assim que a distribuidora será a responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual

substituição ou adequação. Destarte, caso aja comprovação de irregularidade na unidade consumidora, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica, sendo desta forma eliminados da fatura, podendo inclusive gerar reparação de danos ao Estado caso já tiver ocorrido alguma compensação.

Desta forma qualquer interessado pode instalar um sistema gerador de energia de fonte renovável, com potência de até 100 kW – Microgeração Distribuída – ou central geradora com potência superior a 100 kW até 1 MW – Minigeração Distribuída.

Um exemplo prático é uma unidade de consumo que durante o mês se utiliza dos dois moldes previstos na resolução, ou seja, no caso de um sistema solar a unidade poderá durante o dia usar a energia renovável gerada por sistemas de geração de eletricidade e a noite ou nos dias chuvosos utilizar a energia fornecida pela concessionária. Assim, caso ajam sobras na energia produzida e caso esta não seja consumida na unidade, entra automaticamente no sistema de Compensação e o seu excedente é lançado na rede de distribuição se tornando assim um crédito que pode ser utilizado nos próximos 36 meses.

A grande praticidade é que para se tornar realidade, a única implicação administrativa do consumidor é a troca do medidor de energia convencional por um medidor bidirecional, que faz a medição da energia que foi consumida e da energia que foi impulsionada para a rede. Sendo assim, igualmente interessante para empresas, indústrias e (conforme demonstraremos mais adiante) para Órgãos Públicos, pois a energia excedente pode ser transformada em créditos para abater a conta de energia de outros locais consumidores. A única condição é que estes locais sejam previamente cadastrados e que pertençam ao mesmo proprietário ou ainda que estes façam parte de uma associação.

## 2.2 ENERGIAS RENOVÁVEIS

A energia pode ser considerada renovável quando não se pode indicar o seu fim, ou seja, quando não se consegue delimitar a quantidade de sua utilização. Nestes casos podemos citar como exemplo o calor do sol, o vento, a força do mar ou

mesmo dos cursos dos rios (MATTOS et al., 2009). Segundo PINTO JR. (2007) energia renovável quer dizer inesgotável, no entanto é limitada quanto à quantidade de energia que se pretende produzir em determinada quantidade de tempo.

Conforme GOLDEMBERG (2003), com a exceção da biomassa, que através da dissolução dos resíduos orgânicos acaba liberando dióxido de enxofre e óxidos de azoto, e assim produz uma pequena emissão de gases de efeito estufa, as demais energias consideráveis renováveis são inteiramente “limpas” e não produzem qualquer impureza poluente. E ainda tem como uma grande qualidade o fato de poderem ser produzidas no quintal de qualquer casa, sendo apenas necessário que o “produtor” adeque aquela que melhor lhe convém.

Outro fator de grande valia é que em qualquer local do Globo é possível se diminuir a influência “estrangeira” reduzindo a importação de energia, causando assim grande impacto nas economias baseadas unicamente na extração de energias fósseis como gás e petróleo.

Tabela 1 Consumo de fontes de Energias em 2010.

Matriz	Mundial	OCDE	Brasil	São Paulo
Combustível Fóssil	81,4	81,9	51,3	47,3
Outros Combustíveis	18,6	18,1	48,7	52,7

Fonte: BEM, 2010.

Conforme podemos verificar na tabela acima o “planeta terra” de maneira geral, retira 4/5 (quatro quintos) de sua energia dos Combustíveis Fósseis, elevando através destes fatos além do poderio econômico e a influência política dos produtores, também a poluição e o conseqüente aquecimento global. No entanto, um ponto bastante positivo é que nós, brasileiros, utilizamos “apenas” 50% da nossa energia através do consumo de combustíveis fósseis, demonstrando assim em números a nossa vocação para matrizes energéticas renováveis.

Igualmente, as diversas modalidades existentes de energias renováveis são muito pouco utilizadas, pois o seu custo ainda é muito elevado, o que se deve em grande parte a falta de investimentos governamentais, assim como, pela grande falta

de conhecimento que é repassado ao “público/consumidor/usuário” e até mesmo aos governos estaduais e municipais.

Segundo BRASIL (2003) e GOLDEMBERG (2003), é importante lembrar que o consumo de matérias minerais “fósseis” cresce em escalas cada vez mais assustadoras e desta forma acabam por trazer a tona alguns problemas como índices de poluição atmosférica, efeito estufa, aquecimento global tendo reflexos principalmente na saúde da população. Mesmo assim ainda é necessário ter sempre em mente que são fontes “findas”, ou seja, “vão acabar”, sendo desta forma obrigação dos governos e da população para que aja um engajamento em torno de uma política energética nacional buscando sempre soluções para alternativas renováveis.

### **2.2.1 Energia Solar**

A energia solar, ao exemplo da eólica ou do mar, pode ser descrita como uma energia renovável e inesgotável, devendo ainda ser levado em conta sua irrestrita possibilidade de produção com impacto de ambiente “zero” e o seu baixo custo de produção em relação às outras fontes energéticas (MATTOS; PINTO; PACHECO, 2009).

Dentre as possibilidades de utilização da energia solar existem duas que se destacam; primeiramente a produção de energia elétrica através dos sistemas de painéis fotovoltaicos e de forma mais secundária os sistemas solares térmicos de coletores e concentradores utilizados para o aquecimento da água.

#### **2.2.1.1 Sistemas Solares**

Aquecer gases ou líquidos é a forma mais comum de se utilizar a energia solar. O nosso país é extremamente rico neste tipo de energia, o que torna esta modalidade muito viável economicamente.

Um dos meios mais utilizados é o sistema de coletor solar que é muito eficaz para aquecimento de temperaturas não tão elevadas como é o caso da água do chuveiro que entre outros pode ser usado em diversos tipos de instalação como casa, edifícios, empresas, no entanto é importante sempre ter em mente que extremamente necessário uma forma de energia auxiliar, pois em dias de pouca radiação solar pode acontecer um total desabastecimento.

Outro modelo de geração de energia solar é através dos chamados concentradores solares que são usados para se obter uma temperatura em geral superior aos 100° C. Para este tipo de produção é utilizado grandes áreas em formas parabólicas concentradas sobre espaços relativamente muito menores aumentando assim a incidência em foco e em consequência a sua temperatura. E por fim devemos citar as células fotoelétricas ou também chamadas de placas fotovoltaicas que podem transformar diretamente energia solar em energia elétrica, com o único, porém, de acarretar um alto custo financeiro, sendo apenas indicado para “empreendimentos” de grande porte (RÜTHER, 2004).

### **2.2.2 Energia Eólica**

Para darmos o verdadeiro valor histórico sobre o vento seria necessário detalhar como a civilização vem tentando se utilizar desta força de energia dissimilar durante o tempo, seria necessário citarmos as grandes navegações e descobrimentos, os moinhos e seus grãos, bem como, toda uma gama de cientistas e pensadores que ao longo dos séculos escreveram sobre o tema. No entanto, para o presente estudo vamos nos reter nas formas de mover turbinas e produzir eletricidade.

Desta forma a capacidade de gerir energia elétrica através dos ventos é chamada de energia eólica, que em suma é a capacidade de através de hélices colocadas em formato de torres ou ainda em formato vertical de com a força dos ventos moverem turbinas ligadas a geradores elétricos. Igualmente para tal produção é necessário um alto estudo do local, da sua geografia, rugosidade do solo entre outros (CUSTÓDIO, 2009).



Um grande ponto positivo da energia eólica se deve ao fato de que sendo o Brasil um país que tem sua grande matriz energética ligada a usinas hidrelétricas existe uma divisão no ápice da capacidade de produção, pois enquanto o sistema hidrelétrico tem sua alta nos períodos mais húmidos com a cheia dos reservatórios, os sistemas de ventos tem sua maior amplitude nos períodos secos e de racionamento energético de proveniência hidrelétrico.

Em contrapartida os estudiosos do tema citam como pontos negativos ou que ainda devam ser melhores estudados por planos técnicos mais detalhados a poluição visual e principalmente os problemas ligados com a fauna e as rotas de aves migratórias, já que as hélices são normalmente implantadas a uma altura superior a 50 metros. (GRUBB; MEYER, 1993)

### **2.2.3 Energia Geotérmica**

No Brasil, este tipo de energia é usada em menor escala, até porque segundo os geólogos nosso país é “um grande reservatório de água”, como o sempre citado “aquífero Guarani” ou ainda a nossa Amazônia. (FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997)

Igualmente, este tipo de energia é fruto das intempéries do interior do solo, como por exemplo, os vulcões ou ainda as fontes de águas termais que são largamente utilizadas como lazer ou ainda como meios medicinais, mas que também podem produzir energia para aquecimento de casas ou empresas.

No entanto para a produção de energia elétrica é necessário que existam canais muito longos e aprofundados, capazes de trazer a tona os vapores que iram mover as turbinas. Este processo seria uma excelente opção de energia renovável devido a seu impacto poluente praticamente nulo. (ENERGIAS ALTERNATIVAS, 2013)

#### **2.2.4 Energia Hídrica**

A energia hídrica ou ainda a chamada hidroeletricidade é o maior trunfo energético brasileiro gerando segundo o Ministério do Meio Ambiente Brasileiro cerca de 90% da energia consumida em nosso País.

Segundo a história de nosso país, e somando-se a isso o nosso grande potencial hidrográfico, a energia hidrelétrica consiste na construção de grandes alagados com a maior capacidade de armazenamento possível de água. Depois esta energia produzida pode ser armazenada e através de redes elétricas pode ser transportada a grandes distâncias fazendo como, por exemplo, que a Usina de Itaipu/PR, localizada na região sul do país possa suprir as carências energéticas da região central do país.

Outro fator de grande contribuição é o fato de poder ser usadas em mini escalas como em pequenos açudes, ou ainda em pequenas barragens dentro de propriedades privadas, tendo como único requisito técnico a necessidade de um desnível para o contato da água com as turbinas e a posterior devolução desta água ao leito original. A única contrapartida é a sua dependência climática em relação à chuva. (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2013).

#### **2.2.5 Energia dos Oceanos**

O Brasil é um país considerado em estado “vegetativo” quando o assunto é a energia dos oceanos. Apesar de ser considerada uma energia renovável e limpa não existem ainda estudos técnicos que possam nos orientar sobre a viabilidade econômica ou ainda os possíveis impactos ambientais.

O que é possível saber vem através de exemplos obtidos em países como Japão e Inglaterra que demonstram que é possível retirar energia elétrica do movimento de “sobe e desce das marés”, bem como pela atitude sempre repetitiva das ondas.

No entanto, como já citado no início do tópico este modelo de produção energética é considerado demasiadamente complicada sendo que para a obtenção

de energia através das ondas seria necessárias (ondas) muito altas e contínuas o que traria também a necessidade de uma estrutura física muito resistente, bem como, seria o mesmo problema das marés que possuem uma força devastadora e muito incontrolável se considerado os mais recentes exemplos catastróficos mundiais.

### **2.2.6 Energia de Hidrogênio**

"Pra não dizer que não falei das flores" (Vandré, Geraldo 1968).

Apesar de deslocada dentro do presente estudo, é importante destacar que a energia com base no Hidrogênio, apesar de classificada como energia renovável e limpa, também é classificada como uma terceira forma de energia usada como combustível.

Tem inúmeros benefícios como a produção única de subproduto "o vapor de água", bem como, se trata de um recurso ilimitado que juntamente com o oxigênio está em "todo o lugar". Seu grande problema está no armazenamento, pois sua densidade ainda depende de muito volume o que causa economicamente um grande problema de viabilidade.

Por fim é importante destacar que o Brasil através do Ministério de Minas e Energia está apostando neste tipo de combustível, tendo inclusive o projeto "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio", como sendo uma significativa e louvável aposta brasileira na energia sustentável.

O Brasil é um país continente, tem imensas áreas de sol, de vento, de lençóis termais, sem citar a enorme área costeira e sua "infinita" malha fluvial.

Tudo isso ratificado pela vocação brasileira de matrizes energéticas renováveis que hoje alcança o percentual de 50% da energia elétrica consumida, nos trás a realidade de que todo e qualquer município brasileiro, por menor que seja, ou ainda independente da sua localização geográfica, pode de forma renovável e sustentável se tornar um produtor e consumidor da própria energia.

## 2.3 BIOMASSA

De forma ampla podemos chamar de biomassa toda matriz energética que tenha origem na matéria orgânica. Esta chamada “matéria” pode ser de origem animal ou vegetal, sendo certo que o único fim é a produção energética através da fotossíntese.

A grande vantagem da biomassa é a capacidade de produção energética através de combustão em pequenos fornos locais. Isto faz com que em qualquer parte do território brasileiro a população possa aderir a este manejo inteligente e sustentável de energia.

No entanto, importante destacar que existem diversas maneiras de se explorar a combustão da biomassa, porém em todas as formas essa massa será utilizada para gerar primeiramente uma energia mecânica que posteriormente se transformará em energia elétrica.

Assim as formas energéticas da biomassa podem ser de origem de cultivos agrícolas como o bagaço da cana de açúcar ou de origem vegetal como as sobras de madeiras desperdiçadas em serrarias.

“Podemos citar ainda a origem animal onde uma fazenda de porcos gera lixo equivalente a uma cidade de 12.000 habitantes. Estima-se que o gado americano por si só produz 127 toneladas de fezes por segundo, o que significa 13 vezes a produção humana. A amônia contida nas fezes polui as águas e afeta severamente a camada de ozônio. Os resíduos animais são 100 vezes mais poluentes do que os resíduos humanos.”(NUTRIVEG, 2013)

### 2.3.1 Biofertilizante

O biofertilizante é um produto rico em nutrientes formado após a biodigestão que ocorre dentro de um biodigestor com a liberação de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

Este bioproduto da biodigestão é de grande importância para a agricultura, primeiramente tem a vantagem de se tratar de um produto de baixo custo econômico e de forma secundária porém não menos importante tem a vantagem de não desestruturar o solo como os fertilizantes químicos, tendo inclusive reflexos no

controle de pragas e principalmente na qualidade saudável dos alimentos. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013)

Não existe um modelo burocrático para a formação do biofertilizante, existem várias formas de se produzir, no entanto a essência do produto é a fermentação aeróbica e anaeróbica do composto orgânico estocado dentro dos biodigestores.

Nesse processo, a decomposição bacteriana de uma matéria orgânica em condições anaeróbicas ocorre em três etapas:

Fase de hidrólise – Nessa fase as bactérias liberam enzimas extracelulares que transformarão as moléculas maiores em moléculas menores e solúveis ao meio ambiente; (SEIXAS, 1980)

Fase ácida – As bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas gordurosas e carboidratos em ácidos orgânicos como o ácido láctico e o ácido butílico; (SEIXAS, 1980)

Fase metanogênica – As bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, ambos os elementos químicos transformam-se em gás metano. (SEIXAS, 1980)

### **2.3.2 Biogás**

Para (Machado, 2007) o Biogás é um gás que tem sua origem em decomposições da matéria orgânica que ocorrem na ausência de oxigênio. Os principais produtos resultantes dessa decomposição são o Metano, o Gás Carbônico e água.

GONÇALVES (2001) diz que o biogás é um gás combustível, constituído em média por 60% de metano e 40% de CO<sub>2</sub>, que é produzido através de um processo denominado digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos, ou seja, pela utilização de bactérias capazes de decompor os resíduos sem ser necessária a presença de oxigênio.

Em suma o biogás é extremamente importante porque pode ser utilizado tanto como forma de calor como em forma de energia elétrica, trazendo ainda um grande benefício que é a eliminação do gás metano que é o principal causador do efeito estufa.

### 2.3.3 Biomassa nos Resíduos Sólidos

Conforme publicado pelo governo brasileiro através do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2005) em uma obra chamada de "Gestão de Resíduos no Brasil: uma visão geral", a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados foi de cerca de 165 toneladas por dia, já a quantidade gerada foi de cerca de 174 toneladas por dia, desta forma podemos notar que em números reais existe um eficiente trabalho sendo realizado, porém o maior problema existe conforme já explanado no descarte, principalmente nos pequenos municípios e seus lixões.

Estes aterros são espaços abertos sem nenhuma restrição ao "cultivo" de perigos a saúde, como animais peçonhentos, ratos, insetos e outros, bem como, ainda existe a liberação do gás metano diretamente ao ar livre contribuindo em muito para o aquecimento global, sem contar que a emissão do gás pode se prolongar por mais de séculos inutilizando a área para qualquer outro fim (ABNT, 1989; CETESB, apud CALDERONI, 1999, p. 118).

Apesar das incessantes campanhas e do alto mercado financeiro criado pela indústria da reciclagem acredita-se ainda que cerca de 50% dos resíduos sejam de matéria orgânica e desta forma seriam de uma maneira geral grande fontes de geração de energia, ainda segundo os dados do IBGE e do Ministério do Meio Ambiente estes aterros recebem cerca de 80 mil toneladas por dia, onde destas é possível a geração de cerca de 400 m<sup>3</sup> de gás metano por tonelada.

No entanto para uma maior potencialização desta matéria orgânica o interessante seria a incineração consciente através da conversão catalítica de poluentes (KREITH, 1994), pois se levarmos em conta o número de 80 mil toneladas por dia, pode-se gerar através da incineração do gás uma potência de 1,36 GW.

### 2.3.4 Biomassa do Esgotamento Sanitário

No ano de 2000 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentou uma lista informando que em 1989 somente 47,3 dos municípios tinham ramal domiciliar da rede pública coletora de esgotos. Já no ano de 2000, ou seja, em mais de uma década o número cresceu de forma insignificativa para 52,2%. Podemos também destacar que a priori quanto maior o número de habitantes maior é o número de residências em situação regular (KREITH, 1994). No entanto a dicotomia regional é gritante onde podemos observar que 92,9 da região sudeste tem o esgotamento, quando na região norte apenas 6,1 % possui esta benesse.

Ainda segundo a mesma pesquisa além do problema do ramal domiciliar da rede pública coletora de esgotos existe também o problema relativo à destinação final do “esgoto”. Os números são alarmantes ao informar que apenas 1/3 (um terço) possuem estações de tratamento ou qualquer forma de aproveitamento, sendo que a grande parcela lança o material diretamente na natureza, geralmente nos leitos de rios.

Por fim, apesar de cristalino ainda é necessário afirmarmos que além da possibilidade da digestão anaeróbica para o saneamento e saúde, também é possível com a utilização da fermentação da matéria orgânica encontrada no esgotamento a geração de biogás que poderá ser usada em diversos meios energéticos como, por exemplo, na energia elétrica (RIBEIRO, 2009).

Assim, a biomassa tanto em termos de energia geral, quanto para a utilização de energia elétrica é a fonte renovável com maiores chances de crescimento.

Este fenômeno acontece pela origem variada dos seus sub produtos, que podem ser dejetos animais, matérias orgânicas, resíduos agrícolas ou ainda florestas entre outros.

Além da velha explicação da fuga dos combustíveis fósseis e da instabilidade econômica dos países produtores, devemos destacar a possibilidade de assim como já citado quando falamos das energias renováveis, que qualquer município independente de localização, tamanho ou vocação pode se transformar em um produtor/consumidor da sua própria energia.

Ainda assim, podemos também citar como pontos positivos alguns bons benefícios como a geração de empregos diretos e indiretos e como bem informa o (Plano Nacional de Energia 2030, 2007) este aproveitamento dos resíduos acaba trazendo para a sociedade um ciclo virtuoso de aumento dos níveis de consumo e qualidade de vida, inclusão social, geração de outras atividades econômicas, fortalecimento das indústrias e promoção de desenvolvimento social, regional e combate ao êxodo rural.

## 2.4 GESTÃO PELA FAZENDA PÚBLICA MUNICIPAL

Com a entrada em vigor da CF de 1988 a Fazenda Municipal passou a ter responsabilidades que até o momento eram apenas do Estado e da União. Este é o caso da gestão energética municipal, que através do seu Gestor Municipal deve planejar as ações futuras para melhor atender o gerenciamento da questão custo benefício e as variações do setor. (BRASIL (2003) e TOLMASQUIM (2005)).

Desta forma é grande o desafio dos gestores na tentativa de começar primeiramente um plano de combate ao desperdício do uso de energia elétrica, bem como, ao incentivo de produção local para a sua própria autonomia, tanto de suficiência energética quanto na gestão de recursos financeiros que posteriormente poderão ser aplicados em outras áreas como saúde e educação.

Outro ponto de forte apoio aos administradores municipais está ligado ao fato de que o projeto de gestão energética trás imediata ampliação dos postos de trabalho, bem como, apoio aos “gestores políticos” já que a sociedade em geral aprendeu a apoiar os projetos que focam na sustentabilidade e consequente qualidade de vida da população.

Segundo EUROPA 2 (2011), todo município tem uma grande carga de biomassa, seja por resíduos sólidos orgânicos, seja por dejetos de animais ou provenientes de esgotamento sanitários e é de extrema importância que os mesmo sejam tratados e utilizados como matrizes energéticas, gerando assim bônus econômicos e sociais a população local.



### 2.4.1 Previsões Legais para o Município

Embora o estudo pela gestão pública seja algo novo, igualmente ao tema aqui proposto, no entanto o assunto já vem com a maioria de suas diretrizes delimitadas como explica a Constituição Federal de 1988 artigo 30. “Legislar sobre assunto de interesse social; suplementar a legislação federal e estadual no que lhe couber; instituir e arrecadar tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas; criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual; organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local”.

Já no artigo 182 Constituição Federal de 1988 e a sua consequente regulamentação pela Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada “Estatuto da Cidade”, estabelece as diretrizes gerais da política de desenvolvimento e expansão urbana, especificamente com a obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor Municipal, suportado pelos demais instrumentos legais, Transporte Urbano, Código de Obras e Edificações, Perímetro Urbano, Uso e Ocupação do Solo/Zoneamento e Parcelamento do Solo e Cadernos de Encargos de Compras de Equipamentos.

Outros sim, conforme vamos “descendo” a leitura pela Constituição Federal de 1988, podemos extrair ao chegar ao artigo 225, que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Desta forma, podemos também citar a Lei de Eficiência Energética nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando à alocação de recursos energéticos e à preservação do meio ambiente, estabelecendo índices de eficiência para equipamentos elétricos e indicadores para diversos tipos de edificações e requisitos para a arquitetura bioclimática.

Outro marco regulatório é o Decreto Presidencial, de 7 de julho de 1999, que cria a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC, com “a preocupação com a regulamentação dos mecanismos do Protocolo de Kioto e, em particular, entre outras atribuições, estabelece que a comissão será a autoridade

nacional designada para aprovar os projetos considerados elegíveis do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, cabendo, também, à comissão definir critérios adicionais de elegibilidade àqueles considerados na regulamentação do Protocolo de Kioto”.

Neste sentido, ainda em complementação ao decreto acima citado, foi emitido também o Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que “regulamentou a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, criou o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências

E por fim, mas não menos importante, é muito importante citarmos a Resolução 414/2010, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que transfere ao município a responsabilidade pela gestão do sistema de Iluminação Pública (IP). Desta forma, de acordo com a norma alterada em 3 de abril pela Resolução 479/2012, o Poder Público local tem até o dia 31 de janeiro de 2014 para concluir a transferência dos ativos, tornando-se assim o único responsável pela iluminação pública local.

#### **2.4.2 Da Autonomia da Iluminação Pública**

Segundo a resolução 482/2012 toda e qualquer pessoa, seja física ou jurídica pode produzir energia até a quantidade de 1 MW de energia por mês. Ainda segundo a Resolução 414/2010 as prefeituras serão responsáveis por manter a infraestrutura da iluminação pública, como lâmpadas, postes, reatores e transformadores.

Desta forma será inevitável que os municípios tentem construir uma nova política na gestão da iluminação pública, como; custos de operação, manutenção dos sistemas, eficiência energética e qualidade.

Ainda segundo (Neila, Santana & Cohim, Eduardo, 2010) que realizaram um estudo de caso na ETE de Madre de Deus/BA, Município com população de 28.932 habitantes localizada a 63 km de Salvador/BA entre 02/01/2008 a 20/08/2009 foi constatado que apenas a biomassa do esgotamento sanitário é capaz de produzir energia inúmeras vezes superior a 1 MW.

Nesta esteira 1 MW é capaz de atender até 800 casas, bem como, pode ser aplicado no consumo de energia nos prédios municipais, paço, secretarias municipais, escolas da rede municipal de ensino, entre outras repartições, bem como, na iluminação pública, semáforos e demais.

Ainda, segundo (LUCKE, 2012), citando apenas o estado de São Paulo;

“A estratificação demonstra que uma parcela de aproximadamente 60% do total de municípios está abaixo de 20.000 habitantes e que a parcela de 80% do total está abaixo de 50.000 habitantes, o que indica forte concentração de 521 municípios em baixa população e, com notáveis exceções, significativas limitações em termos de capacidade operacional e econômica, em grande parte devidas ao próprio modelo de desenvolvimento do país. O patamar de cerca de 90% do total é atingido com mais 62 unidades, totalizando 573 municípios com população abaixo de 100.000 habitantes”.

Desta forma o projeto de utilização de energia própria pode beneficiar até 100% da necessidade energética da Fazenda Municipal com até 20.000 habitantes, economizando cerca de R\$75.000,00 (setenta e cinco mil reais) ao mês, sendo assim, podemos citar como exemplos práticos de cidades que seriam 100% atendidas além do estado de São Paulo acima citado, também o estado do Paraná, que possui ao todo 399 municípios e cerca de 310 estariam 100% aptos a serem beneficiados.

Assim, conforme demonstrado acima o município tem autonomia para legislar em auxílio do Estado e da União, bem como, a partir do ano de 2014 deverá obrigatoriamente assumir os ativos para gestão do sistema de Iluminação Pública.

Nesta esteira a Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/12, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) permite até 1 MW de Mini geração Distribuída.

Sendo assim uma Fazenda Municipal com até 20.000 habitantes é capaz de produzir 100% de seu gasto, sendo além de uma medida sustentável uma medida econômica e incentivadora para toda a sociedade.

Outros sim, comunidades do interior dos municípios também podem se concentrar em associações e além de usufruírem dos benefícios de uma “conta de

luz” mais baixa também podem ter os seus campos adubados pelo biofertilizante e suas cozinhas abastecidas pelo biogás, gerando assim uma economia financeira muito agradável, bem como, uma consequente melhora na qualidade de vida devido ao saneamento e ao bom relacionamento com o Meio Ambiente.

### 3. METODOLOGIA

Esta dissertação apresenta um estudo multicasos de aproveitamento de energias renováveis, desta forma foram detalhados casos como da implantação de biodigestores para suprimento parcial ou total de energia elétrica e produção e utilização de gás para cozinha e biofertilizante, bem como, casos onde o lodo do esgotamento sanitário municipal foi utilizado como matriz energética, demonstrando assim que se for utilizado juridicamente da Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/2012 da (ANEEL) os resultados poderão ser ampliados. O trabalho engloba uma análise energética geral e uma compreensão mais aprofundada sobre biomassa de pequenas localidades e ou municípios com população menor a 20.000 habitantes. Análises econômicas para os investimentos foram realizadas a partir dos dados simulados e de cenários projetados utilizados em outros casos.

Quanto aos meios, se trata de pesquisa exploratório-bibliográfica, por recorrer ao uso de fontes secundárias, tais como livros, revistas, dissertações de mestrado e teses de doutorado, artigos, além de pesquisas em sites especializados, também ex post facto, pois se observou variáveis não controláveis de um fato já ocorrido, analisando-se os possíveis resultados. Já quanto aos fins, é descritiva, pois visa descrever os desafios das matrizes energéticas brasileiras. O estudo relata como resultado uma situação positiva para a utilização destes dispositivos de conversão energéticos conectados a rede das concessionárias simulando cenários técnicos e econômicos desejáveis pelo mercado brasileiro de energia elétrica e fontes renováveis.

## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No referencial teórico do presente estudo, abordamos primeiramente a resolução 482 de 17/04/12 da ANEEL, em conjunto analisamos as mais variadas matrizes energéticas tentando demonstrar a capacidade nacional em produzir diversas fontes renováveis e sustentáveis de energia. Através desta apresentação apresentamos a possibilidade de usarmos os mais variados dejetos “biomassa” ou ainda os chamados resíduos sólidos para que estes pudessem ser transformados pelos biodigestores em uma cadeia altamente produtiva de elementos energéticos. Desta forma para “provar o alegado” apresentaremos logo abaixo o caso experimentado no município Paranaense de Marechal Cândido Rondon onde técnicos da Usina de Itaipu se utilizaram do sistema de biodigestores para despoluir os rios que são afluentes do lago da represa.

E para comprovar que os resultados podem ser também utilizados pela Fazenda Pública Municipal apresentaremos em tópico abaixo um Estudo de Caso realizado na ETE de Madre de Deus/BA onde foi gerado energia elétrica a partir do biogás produzido na estação de tratamento de esgotos da cidade, apresentando inclusive gastos e números que incentivam a pesquisa e posterior aplicação de recurso públicos para sua realização.

### 4.1 O CASO DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON/PR

Conforme podemos extrair da reportagem em anexo exibida pelo programa Globo Rural, o presente projeto teve sua origem no problema de poluição que a lagoa da barragem de Itaipu estava sofrendo.

Devido a este fato os técnicos da Usina perceberam que o grande problema da poluição tinha ligação direta com os dejetos agrícolas, naturais e vegetais, que eram levados pelos seus afluentes locais até a bacia da barragem.

Igualmente, para poder resolver este problema os técnicos teriam de achar uma solução/destino para estes resíduos sólidos. Pois como informado na reportagem para a produção de 01(um) litro de leite uma vaca produz cerca de

03(três) kilos de resíduos. Desta forma os técnicos apostaram na utilização da biomassa para produção de energia, realizando assim uma complementação entre meio ambiente e produção energética.

O projeto teve como resumo a coleta dos dejetos orgânicos produzidos nas propriedades rurais que após a coleta colocavam os resíduos em biodigestores. Conforme já explorado no capítulo 2(dois) os biodigestores primeiramente produzem o gás metano que as próprias famílias utilizam em suas cozinhas para as refeições diárias. Após conforme inflam e fermentam o líquido vaza pela “ponta” do biodigestor dando origem ao que chamamos de biofertilizante. Este é utilizado para a adubação da terra e sua conseqüente preparação para o plantio de novas plantas, causando assim grande impacto não só econômico, mas também ambiental.

E por fim, mas não menos importante, toda produção de gás que não foi aproveitado foi levada para uma central termoelétrica que no presente caso foi usada para secagem de grãos de milho, o que no entanto não impede que a mesma fosse usada para a iluminação de casas, por exemplo.

#### 4.2 ESTUDO DE CASO DA ETE DE MADRE DE DEUS/BA

No ano de 2010 no curso de Mestrado Profissional em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia da Faculdade de Tecnologias e Ciência de Salvador/BA, os então alunos, Neila Santana e Eduardo Cohim, apresentaram um estudo de caso intitulado “GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS PRODUZIDO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE MADRE DE DEUS –BAHIA”.

No presente estudo, os pesquisadores tendo em vista o aumento da demanda por energia, a instabilidade dos combustíveis fósseis, a participação de energia renovável na matriz energética brasileira “biomassa”, e principalmente o potencial energético do biogás, apresentaram como objetivo geral a preocupação de avaliar a viabilidade econômica de aproveitamento do potencial energético do biogás produzido na ETE de Madre de Deus para geração de energia elétrica.

Outros sim, o estudo de caso foi realizado na ETE de Madre de Deus/ BA, município localizado a cerca de 65 KM de Salvador/BA e com uma população de 30.000 habitantes. Para isso foi utilizado um Reator Anaeróbico de Manta de Lodo,

que tem uma capacidade de remoção orgânica de até 75% do lodo e possui um baixo custo de implantação.

Assim, foi realizado o cálculo de produção do biogás, o cálculo do potencial elétrico do biogás e principalmente foi realizado um estudo viabilidade econômica do projeto, apresentando assim indicativos importantes como o tempo de recuperação do investimento o tempo de vida útil do equipamento e razão entre o valor atual dos benefícios e o valor atual dos custos.

Custos De Investimento – Tabela 2

Equipamentos e Outros	Custo R\$
Grupo Gerador Fockinka Biogás-ModeloSG-75B	78.250,00
Isolamento térmico do escapamento	3.000,00
Tubulação para biogás desde o biodigestor até o grupo gerador	3.000,00
Obras Civis e Construções(12m <sup>2</sup> )	5.000,00
Instalação elétrica da rede da concessionária até o painel	1.500,00
Frete	1.500,00
Margem de incerteza(30%doinvestimentototal)	28.275,00
BDI–Benefício de Despesas Indiretas (30%dototalgeral)	36.757,50
<b>INVESTIMENTO TOTAL</b>	<b>94.250,00</b>
Total capital investido	159.282,50

**Fonte:** Adaptado de Grupo Fockink, 2009.

Desta forma, foi considerada a potência elétrica de 37KW correspondente à mediana dos resultados obtidos. A redução de custo com energia elétrica foi considerada como receita do projeto, correspondendo a R\$119.627,44 (cento e dezenove mil seiscentos e vinte e sete reais e quarenta e quatro centavos) tendo ainda os custos com manutenção correspondidos R\$41.765,88(quarenta e um mil setecentos e sessenta e cinco reais e oitenta e oito centavos) distribuídos uniformemente durante os anos do projeto;



Um dos grandes objetivos alcançados foi o de que o tempo de recuperação do capital ou payback é atingido em 2,3 anos. Para um tempo de vida útil de 04 (quatro) anos, o que assim mostrou-se um investimento viável.

Considerando o potencial de geração de energia de 31.588MWh por ano, chegou-se a conclusão de que haveria uma economia de 51% no custo de energia elétrica com esgoto já que em 2007 os gastos corresponderam a 62.109MWh;

No saneamento, o aproveitamento dos esgotos como fonte de biogás foi atraente do ponto de vista econômico já que reduziu a demanda por eletricidade no setor, representando uma melhoria no balanço energético, cuja receita poderá viabilizar projetos de ampliação do serviço.

Assim, podemos também afirmar que o tratamento e destinação adequados dos esgotos evitarão a proliferação de doenças e a poluição do meio ambiente, promovendo a saúde e a qualidade de vida da população.

Por fim, é importante relatarmos que a única diferença significativa entre os estudos de casos apresentados e o presente tema proposto, é que após a geração de energia os responsáveis por cada caso deram destinos diversos a sua produção de energia, no primeiro caso a energia foi usada para a secagem de grãos da comunidade que era localizada no interior do município, e a segunda deteve-se apenas a apresentar os custos de produção e manutenção sem ater-se no local de aplicação da energia.

No entanto, certamente a utilização da energia foi assim utilizada por ainda não existir a possibilidade apresentada pela Resolução 482/2012 da ANEEL, pois a partir desta, torna-se muito vantajoso a utilização da rede de distribuição de energia da Concessionária, pois assim não existe necessidade do grande investimento para construção de redes de energia.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo pode ser considerado como uma investigação inicial que respondeu a grande pergunta ao qual foi proposto, ou seja, relatou através dos casos apresentados que é possível um município gerar de forma autônoma uma quantidade de energia suficiente para abastecer toda sua iluminação pública.

Outrossim, através do presente trabalho também foi possível concluir que até as mais remotas comunidades podem se beneficiar de projetos similares, bem como, que a biomassa oferece como resíduos desejáveis o biofertilizante e o biogás.

Igualmente, concluímos que bem interpretando a Resolução Normativa (RN) 482 de 17/04/2012, publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) somos levados a afirmar que toda e qualquer energia renovável, até mesmo as produzidas nos quintais de casa, são e tem o potencial de gerar louros ao usuário e a sociedade em geral.

Ainda ficou claramente demonstrado que com a opção oferecida pela Resolução 482 de 2012 da ANEEL tornou-se muito mais fácil investir na produção de energias renováveis, pois existe a opção direta da conversão econômica.

A análise de viabilidade econômico-financeira, e as análises de sustentabilidade demonstradas através dos estudos de casos foram realizadas considerando-se somente os resultados operacionais, sem levar em conta os benefícios indiretos que o processamento da biomassa pode gerar. Sob esse enfoque, os resultados e as conclusões podem mudar radicalmente. Assim é necessário considerar também os benefícios indiretos que a utilização da biomassa pode trazer a toda uma sociedade, como, criação de postos de trabalho diretos e indiretos, inclusão social e aumento na qualidade de vida, eliminação de dejetos, diminuição dos problemas de saúde, diminuição nos gastos com saúde, diminuição no efeito estufa e aquecimento global, diminuição da dependência de fatores climáticos ou de sazonalidade, processo de gestão simplificado, aumento na economia local.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Considerando a complexidade do assunto tratado neste estudo e os diversos enfoques que podem ser adotados na análise de um projeto dessa natureza, pode-se sugerir como propostas de novos trabalhos para o desenvolvimento da compreensão deste tema:

- a) Estudo de caso para averiguação do impacto dos custos de conexão à rede elétrica;
- b) Investigação das modalidades de financiamento para projetos dessa natureza, considerando também a finalidade sócio-ambiental do empreendimento e as condições de retorno do investimento no período útil de operação;
- c) Estudo dos efeitos de tributação e isenções nos resultados financeiros.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estado da arte e tendências das tecnologias para energia**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. CTenerg Secretaria Técnica do Fundo Setorial de Energia. Janeiro de 2003.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas / FFLCH / USP: 1999.

CUSTÓDIO, R.S. **Energia eólica para produção de energia elétrica**. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás. 2009.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia - conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE.

GOLDEMBERG, J., VILLANUEVA, L. D. **Energia, meio ambiente & desenvolvimento**. 2a. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

GONÇALVES, M.A. (2001) **O trabalho no lixo**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, 2001.

GRUBB, M. J; MEYER, N. I. (1993). **Wind energy: resources, systems and regional strategies**. In: JO-HANSSON, T. B. et. al. Renewable energy: sources for fuels and electricity. Washington, D.C.: Island Press.

LUCKE, SÉRGIO AUGUSTO. **Resíduo sólido urbano como fonte renovável para geração de energia elétrica: aspectos econômicos e sócio ambientais** / Sérgio Augusto Lucke. Campinas, SP, 2012.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 15ª. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2007.

MATTOS, J. M. D. B. et al. **Desenvolvimento de uma estrutura de estágio único de baixo custo e alto rendimento para injetar potência de um módulo fotovoltaico na rede de baixa tensão**. Curitiba: UTFPR - DIBIB, 2009.

NEILA, SANTANNA & COHIM, EDUARDO. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido na estação de tratamento de esgotos de Madre de Deus-Bahia**. Salvador, Bahia, 2010.

PINTO JR. H. Q. [et al.] **Economia de energia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 2ª reimpressão.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC - LABSOLAR, v. Único, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2009**. São Paulo: CETESB, 2010.

SEIXAS, JORGE. "**Construção e funcionamento de biodigestores**", por Jorge Seixas, Sérgio Folle e Delomar Machetti. Brasília, EMBRAPA - DID, 1980. 60p. (EMBRAPA - CPAC. Circular técnica, 4).

TOLMASQUIM, M. T. **Geração elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2005.

KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill, 1994.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Aneel) – disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP) – disponível em [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA (Cogen-SP) – disponível em: [www.cogensp.org.br](http://www.cogensp.org.br)

ENERGIAS ALTERNATIVAS, 2013. Disponível em : <http://www.energiasealternativas.com/energia-geotermica.html>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) – disponível em [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

EUROPA 2 - European Parliament and Council. Directive 2000/76. Waste incineration. Disponível em: <[http://www.europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/pdf/2000/en\\_2000\\_L0076\\_do\\_001.pdf](http://www.europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/pdf/2000/en_2000_L0076_do_001.pdf)>.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2013. Disponível em [bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvcasos/article/download/.../4654](http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvcasos/article/download/.../4654)

GLOBO RURAL, 2013. Disponível em [http://jie.itaipu.gov.br/print\\_node.php??secao=turbinadas1&nid=28006](http://jie.itaipu.gov.br/print_node.php??secao=turbinadas1&nid=28006)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Ibge) – disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/>

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013. Disponível em <http://www.ipt.br/>

MENEZES; SIRLEY,( 2012) Disponível em: <http://www.ambienteenergia.com.br>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME) – disponível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

NUTRIVEG – Consultoria em nutrição vegetariana. Disponível em: <http://www.nutriveg.com.br/entrevistas-impresas-2009--2011.html>

PNE 2030 - Plano Nacional de Energia. Apresentações e Relatórios 2007 (3). Disponível em < <http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>.

SNIS (2005) - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento Disponível em : <http://www.snis.gov.br/>

VANDRÉ, GERALDO 1968 - Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Geraldo\\_Vandr%C3%A9](http://pt.wikipedia.org/wiki/Geraldo_Vandr%C3%A9)

## **ANEXOS**

ANEXO A – Resolução normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

ANEXO B - Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido na estação de tratamento de esgotos de Madre de Deus –Bahia

ANEXO C – O caso de Marechal Cândido Rondon/PR – Reportagem exibida pelo Globo Rural em 2013.

## ANEXO A

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL  
RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Texto Compilado

Módulos do PRODIST

Voto

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no art. 4º, inciso XX, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, o que consta no Processo nº 48500.004924/2010-51 e considerando:

as contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010, realizada por intercâmbio documental no período de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010 e

as contribuições recebidas na Audiência Pública nº 42/2011, realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011, resolve:

### **CAPÍTULO I**

#### **DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES**

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. .

Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;



III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa.

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

## **CAPÍTULO II**

### **DO ACESSO AOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**

Art. 3º As distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

§1º O prazo para a distribuidora efetuar as alterações de que trata o *caput* e publicar as referidas normas técnicas em seu endereço eletrônico é de 240 (duzentos e quarenta) dias, contados da publicação desta Resolução.

§2º Após o prazo do § 1º, a distribuidora deverá atender às solicitações de acesso para microgeradores e minigeradores distribuídos nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

Art.4º Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão para a central geradora que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores.

Art.4º Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para a microgeração e minigeração distribuída que participe do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§1º A potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica fica limitada à carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B, ou à demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§2º Caso o consumidor deseje instalar microgeração ou minigeração distribuída com potência superior ao limite estabelecido no §1º, deve solicitar aumento da carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B, ou aumento da demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Art. 5º Caso seja necessário realizar ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função da conexão de centrais geradoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica, a distribuidora deverá observar o disposto no Módulo 3 do PRODIST.

Art. 5º Quando da conexão de nova unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, ou no caso do §2º do art. 4º, aplicam-se as regras de participação financeira do consumidor definidas em regulamento específico. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Parágrafo único. Os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica não deverão fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

### **CAPÍTULO III**

#### **DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Art. 6º O consumidor poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, observadas as disposições desta Resolução.

Art. 6º O consumidor poderá aderir ao sistema de compensação de energia elétrica, observadas as disposições desta Resolução. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§2º A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica deverão ser observados os seguintes procedimentos:

II - o consumo a ser faturado, referente à energia elétrica ativa, é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto horário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes.

III - caso a energia ativa injetada em um determinado posto horário seja superior à energia ativa consumida, a diferença deverá ser utilizada, preferencialmente, para compensação em outros postos horários dentro do mesmo ciclo de faturamento, devendo, ainda, ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia, se houver.

IV - os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para este fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, ou cujas unidades consumidoras forem reunidas por comunhão de interesses de fato ou de direito.

V - o consumidor deverá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica.

VI - os créditos de energia ativa gerada por meio do sistema de compensação de energia elétrica expirarão 36 (trinta e seis) meses após a data do faturamento, não fazendo jus o consumidor a qualquer forma de compensação após o seu vencimento, e serão revertidos em prol da modicidade tarifária.

VII - a fatura deverá conter a informação de eventual saldo positivo de energia ativa para o ciclo subsequente, em quilowatt-hora (kWh), por posto horário, quando for o caso, e também o total de créditos que expirarão no próximo ciclo.

VIII - os montantes líquidos apurados no sistema de compensação de energia serão considerados no cálculo da sobrecontratação de energia para efeitos tarifários, sem reflexos na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, devendo ser registrados contabilmente, pela distribuidora, conforme disposto no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica.

I - deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso.

II - o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto tarifário, quando for o caso, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

III - caso existam postos tarifários e a energia ativa injetada em um determinado posto tarifário seja superior à consumida, a diferença deverá ser utilizada para compensação em outros postos tarifários dentro do mesmo ciclo de faturamento, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia – TE, conforme definição da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, se houver. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

IV - os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

V - o consumidor deverá definir a ordem de prioridade das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica, devendo a unidade consumidora onde se encontra instalada a geração ser a primeira a ter seu consumo compensado. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

VI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia – TE para diferentes postos tarifários de uma mesma unidade consumidora, conforme definição da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, se houver. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

VII - os créditos de energia ativa resultantes após compensação em todos os postos tarifários e em todas as demais unidades consumidoras, conforme incisos II a VI, expirarão 36 (trinta e seis) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo.

VIII - eventuais créditos de energia ativa existentes no momento do encerramento da relação contratual do consumidor serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

IX - a fatura deverá conter a informação de eventual saldo positivo de energia ativa para o ciclo subsequente em quilowatt-hora (kWh), por posto tarifário, quando for o caso, e também o total de créditos que expirarão no próximo ciclo. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

X - os montantes líquidos apurados no sistema de compensação de energia elétrica serão considerados no cálculo da sobrecontratação de energia para efeitos tarifários, sem reflexos na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, devendo ser registrados contabilmente, pela distribuidora, conforme disposto no Manual de Contabilidade do Serviço Público de Energia Elétrica. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

XI - Para as unidades consumidoras atendidas em tensão primária com equipamentos de medição instalados no secundário dos transformadores deverá ser deduzida a perda por transformação da energia injetada por essa unidade consumidora, nos termos do art. 94 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Parágrafo único. Aplica-se de forma complementar as disposições da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, relativas aos procedimentos para faturamento.

#### **CAPÍTULO IV**

##### **DA MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Art. 8º Os custos referentes à adequação do sistema de medição, necessário para implantar o sistema de compensação de energia elétrica, são de responsabilidade do interessado.

§1º O custo de adequação a que se refere o *caput* é a diferença entre o custo dos componentes do sistema de medição requerido para o sistema de compensação de energia elétrica e o custo do medidor convencional utilizado em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão.

§2º Os equipamentos de medição instalados nos termos do *caput* deverão atender às especificações técnicas do PRODIST e da distribuidora.

§3º Os equipamentos de que trata o *caput* deverão ser cedidos sem ônus às respectivas Concessionárias e Permissionárias de Distribuição, as quais farão o registro contábil no Ativo Imobilizado, tendo como contrapartida Obrigações Vinculadas à Concessão de Serviço Público de Energia Elétrica.

§2º O sistema de medição deve observar as especificações técnicas do PRODIST e ser instalado pela distribuidora, que deve cobrar dos interessados o custo de adequação. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§ 3º O sistema de medição deve ser registrado no ativo imobilizado em serviço, devendo a parcela de responsabilidade de o interessado ser contabilizada em contrapartida do Subgrupo Obrigações Vinculadas à Concessão do Serviço Público de Energia Elétrica. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Art. 9º Após a adequação do sistema de medição, a distribuidora será responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação.

Art. 10. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição dentro do prazo para realização da vistoria e ligação das instalações e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica assim que for aprovado o ponto de conexão, conforme procedimentos e prazos estabelecidos na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

#### **CAPÍTULO V**

##### **DAS RESPONSABILIDADES POR DANO AO SISTEMA ELÉTRICO**

Art. 11. Aplica-se o estabelecido no *caput* e no inciso II do art. 164 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010, no caso de dano ao sistema elétrico de distribuição comprovadamente ocasionado por microgeração ou minigeração distribuída incentivada.

Art.12. Aplica-se o estabelecido no art. 170 da Resolução Normativa nº 414, de 2010, no caso de o consumidor gerar energia elétrica na sua unidade consumidora sem observar as normas e padrões da distribuidora local.

Parágrafo único. Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, nos termos do *caput*, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica.

#### **CAPÍTULO VI**

##### **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

Art.13. Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos microgeradores e minigeradores distribuídos e envio dos dados constantes nos Anexos das Resoluções Normativas nos 390 e 391, ambas de 15 de dezembro de 2009, para a ANEEL.

Art.14. Ficam aprovadas as revisões 4 do Módulo 1 – Introdução, e 4 do Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, do PRODIST, de forma a contemplar a inclusão da Seção 3.7 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída com as adequações necessárias nesse Módulo.

Art. 15. A ANEEL irá revisar esta Resolução em até cinco anos após sua publicação.

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de 08.05.2012 e 19.09.2012.

## ANEXO B



www.ftc.br

FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS APLICÁVEIS À BIOENERGIA

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A  
PARTIR DO BIOGÁS PRODUZIDO NA  
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
ESGOTOS DE MADRE DE DEUS –  
BAHIA**

Msc. Neila Santana

Msc. Eduardo Cohim

Salvador-BA, Brasil  
2010

## QUESTÃO ENERGÉTICA

---

- ❖ Aumento da demanda por energia;
- ❖ Instabilidade e perspectiva futura dos combustíveis fósseis;
- ❖ A problemática ambiental;
- ❖ Participação da energia renovável na Matriz Energética Brasileira – biomassa;
- ❖ O consumo de energia elétrica com os serviços de água e esgoto corresponde a 2% do total consumido no país (503TWh);
- ❖ Potencial energético do biogás.

## OBJETIVO GERAL

---

Avaliar a viabilidade econômica de aproveitamento do potencial energético do biogás produzido na ETE de Madre de Deus para geração de energia elétrica.



# MATERIAL E MÉTODOS

---

## Estudo de Caso na ETE de Madre de Deus/BA

### Município

- ❖ Localização: 63Km de Salvador
- ❖ População: 28.932 habitantes

### Dados da ETE

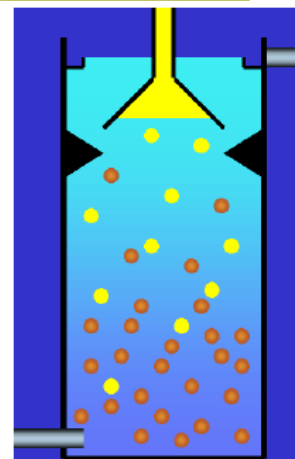
- ❖ Unidade operada pela EMBASA
- ❖ Vazão média: 3.954m<sup>3</sup>
- ❖ Variação diária de DQO: 376g/m<sup>3</sup> a 1.300g/m<sup>3</sup>

Obs.: Período de medição: 02/01/2008 a 20/08/2009

## MATERIAL E MÉTODOS

### Reator Anaeróbio de Manta de Lodo – UASB<sup>1</sup>

- ❖ Possui eficiência comprovada no tratamento de efluentes contendo altas concentrações de matéria orgânica e baixo teor de sólidos;
- ❖ Dispensa aquecimento, por isso é bastante utilizado em países tropicais;
- ❖ Capacidade de elevada remoção orgânica, de 65% a 75%;
- ❖ Baixo custo de implementação;
- ❖ Rápida partida, mesmo após longa paralisação.



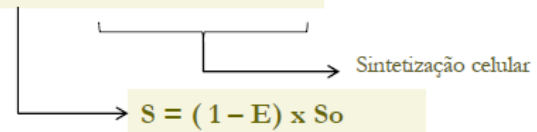
<sup>1</sup>*Upflow anaerobic sludge blanked*

# MATERIAL E MÉTODOS

## Cálculo do Potencial de Produção de Biogás

- ❖ Estimar a quantidade de DQO removida pelo reator convertida em  $\text{CH}_4$  ( $\text{DQO}_{\text{CH}_4}$ )

$$\text{DQO}_{\text{CH}_4} = Q \times (S_o - S) - Y_{\text{obs}} \times Q \times S_o$$



- ❖ Estimar a perda de metano solubilizada no efluente

$$Q_{\text{CH}_4\text{líquido}} = (1 - \% Q_{\text{CH}_4\text{dissolvido}}) \times Q_{\text{CH}_4}$$

Logo:

$$Q_{\text{biogás}} = Q_{\text{CH}_4\text{líquido}} \times Q_{\text{CH}_4\text{biogás}}$$

Sendo:

$Q$  = vazão de esgoto afluente ( $\text{m}^3$ )

$S_o$  = DQO afluente ( $\text{kgDQO}/\text{m}^3$ )

$S$  = DQO efluente ( $\text{kgDQO}/\text{m}^3$ )

$Y_{\text{obs}}$  = coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (0,11 a 0,23  $\text{kgDQO}_{\text{lobo}}/\text{kgDQO}_{\text{api}}$ )

$E$  = eficiência de remoção do reator

# MATERIAL E MÉTODOS

---

## Cálculo do Potencial Elétrico do Biogás

$$PE = \frac{Q_{\text{biogás}} \times PCI_{\text{biogás}} \times \eta_{\text{gerador}} \times 4,1868}{86.400}$$

Sendo:

PE = potência elétrica (KW)

$Q_{\text{biogás}}$  = vazão (produção média) do biogás (m<sup>3</sup>/dia)

$PCI_{\text{biogás}}$  = poder calorífico do biogás (kcal/m<sup>3</sup>)

$\eta_{\text{gerador}}$  = 30%, baseado no valor médio das tecnologias de conversão

4,1868 = fator de conversão de “kcal” (quilo caloria) para “kJ” (quilo joule), onde 1 KJ/s corresponde a 1 MW

## MATERIAL E MÉTODOS

---

### **Método de Monte Carlo para cálculo do potencial elétrico**

- ❖ Trata-se de modelo estocástico baseado em simulações para obtenção de resultados probabilísticos;
- ❖ A aplicação do método na identificação do potencial elétrico justifica-se pela variação dos dados de entrada aqui representados em parâmetros máximos e mínimos;
- ❖ Foram gerados 1.000 cenários aleatórios, buscando reduzir as incertezas;
- ❖ Será considerada a potência de geração mediana à probabilidade de 50%.

# MATERIAL E MÉTODOS

## Dados de Entrada

Variáveis	Q	S <sub>o</sub>	E	Y <sub>obs</sub>	T	QCH <sub>4</sub> <sub>líquido</sub>	%CH <sub>4</sub> <sub>biogás</sub>	PCI biogás
	m <sup>3</sup> /d	g/m <sup>3</sup>	%	mg/L	°C	%	%	kcal/kg
Mínimo	3.560	376	40%	0,11	20	35%	65%	4.831,14
Máximo	5.140	1.300	75%	0,23	27	45%	75%	6.253,01

- ❖ Q - Dados do Projeto de Ampliação da ETE de Madre de Deus (2009);
- ❖ S<sub>o</sub> - Relatório de Medição Diária da ETE de Madre de Deus (2009), no período de 02/01/08 a 20/08/09;
- ❖ E - eficiência de remoção do reator, baseou-se em experimentos relatados por Chernicharo (2007) realizados em cinco tipos de reatores UASB;
- ❖ Y<sub>obs</sub> - Coeficiente de produção de sólidos no sistema predefinido em Chernicharo (2007);
- ❖ T - temperatura operacional do reator, considerou a variação em °C aplicada ao experimento para obtenção do percentual de DQO afluente removido em reatores UASB;

# MATERIAL E MÉTODOS

## Dados de Entrada (continuação)

Variáveis	Q	S <sub>o</sub>	E	Y <sub>obs</sub>	T	QCH <sub>4</sub> <sub>líquido</sub>	%CH <sub>4</sub> <sub>biogás</sub>	PCI biogás
	m <sup>3</sup> /d	g/m <sup>3</sup>	%	mg/L	°C	%	%	kcal/kg
Mínimo	3.560	376	40%	0,11	20	35%	65%	4.831,14
Máximo	5.140	1.300	75%	0,23	27	45%	75%	6.253,01

- ❖ **QCH<sub>4</sub><sub>líquido</sub>** - percentual de metano dissolvido no efluente, considerou experimentos realizados em reatores UASB cuja perda atingiu valores de 36,9% e 44,8% (SOUZA et al. 2009);
- ❖ **%CH<sub>4</sub><sub>biogás</sub>** - variação percentual de CH<sub>4</sub> no biogás, considerou fatores como a quantidade mínima de metano necessária ao funcionamento do gerador, prevista na Proposta Técnica/Comercial do Grupo Fockink (2009) em 65%, e a proporção máxima de 75% na constituição do biogás, de acordo com Sasse (1998);
- ❖ **PCI biogás** - considerou a variação do poder calorífico do biogás em relação às proporções de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, segundo Costa (2006).

# MATERIAL E MÉTODOS

---

## Estudo de Viabilidade Econômica

- ❖ **TRC descontado (*payback*):** Tempo de recuperação do investimento. É calculado igualando o montante investido ao valor presente líquido (VPL).
  - Viável:  $TRC < \text{tempo de vida útil do projeto}$ .
  
- ❖ **Relação B/C:** Razão entre o valor atual dos benefícios e o valor atual dos custos.
  - Viável: Índice maior ou igual a 1.
  
- ❖ **TIR:** Taxa de juros que anula o VPL, igualando o valor presente dos benefícios e dos custos.
  - Viável: TIR maior que a taxa de juros de referência.



## MATERIAL E MÉTODOS

---

### Equipamento de Conversão

- ❖ **Tipo:** Gerador a biogás;
- ❖ **Potência:** 62KW;
- ❖ **Critério de seleção:** potencial de produção do biogás buscando atender 80% da potência prevista;
- ❖ **Funcionamento:** biogás contendo pelo menos 65% de CH<sub>4</sub>
- ❖ **Corrosão por H<sub>2</sub>S:** Reduzido por meio de filtros, fornecidos pelo fabricante. Auxilia na retenção de partículas;
- ❖ **Transporte do biogás ao gerador:** compressor fornecido pelo fabricante.

# MATERIAL E MÉTODOS

## Custos de Investimento

Equipamentos e outros	Custo (R\$)
<b>Investimento total</b>	<b>94 250,00</b>
Grupo Gerador Fockink a Biogás - Modelo SG-75B	78.250,00
Isolamento térmico do escapamento	3.000,00
Tubulação para biogás desde o biodigestor até o grupo gerador	3.000,00
Obras Cíveis e Construções (12m <sup>2</sup> )	5.000,00
Instalação elétrica da rede da concessionária até o painel	1.500,00
<b>Frete</b>	<b>1.500,00</b>
<b>Margem de incerteza (30% do investimento total)</b>	<b>28.275,00</b>
<b>BDI – Benefícios e Despesas Indiretas (30% do total geral)</b>	<b>36.757,50</b>
<b>Total capital investido</b>	<b>159.282,50</b>

Fonte: Adaptado de Grupo Fockink, 2009

# MATERIAL E MÉTODOS

## Custos de O&M

Componentes	Intervalo	Quant.	Valor	Valor	Custo
	h	unid.	Unitário	Total	Anual
			R\$	R\$	R\$
<b>Custo com manutenção periódica</b>					<b>8.124,90</b>
Troca de velas	300	6	13,00	78,00	2.277,60
Troca de cabos de velas	1.000	6	20,00	120,00	1.051,20
Troca de óleo	400	18	9,50	171,00	3.744,90
Troca do filtro de óleo	400	1	48,00	48,00	1.051,20
<b>Custo com manutenção de longo prazo</b>					<b>7.117,50</b>
Reforma do motor	8.000	1	6.500,00	6.500,00	7.117,50
Troca do gerador	32.000	1			19.562,50
<b>Margem de incerteza (20% do total com O&amp;M)</b>					<b>6.960,98</b>
<b>Custo total com manutenção</b>					<b>41.765,88</b>

Fonte: Adaptado de Grupo Fockink, 2009

# RESULTADOS

## Cálculo do Potencial Elétrico

Variáveis	Variáveis de Entrada							
	Q m <sup>3</sup> /d	S <sub>o</sub> g/m <sup>3</sup>	E %	Y <sub>obs</sub> mg/L	T °C	QCH <sub>4</sub> <sub>líquido</sub> %	%CH <sub>4</sub> <sub>biogás</sub> %	PCI biogás kcal/kg
Mínimo	3.560	376	40%	0,11	20	35%	65%	4.831,14
Máximo	5.140	1.300	75%	0,23	27	45%	75%	6.253,01
Distribuição acumulada								
10%	3.696,48	470,06	0,44	0,12	20,59	0,36	0,66	4.970,99
20%	3.888,40	565,39	0,47	0,13	21,26	0,37	0,67	5.107,35
30%	4.036,09	677,72	0,50	0,15	21,95	0,38	0,68	5.252,06
40%	4.220,14	772,57	0,54	0,16	22,86	0,39	0,69	5.393,63
50%	4.382,09	862,13	0,57	0,17	23,49	0,40	0,70	5.545,33
60%	4.535,26	949,65	0,60	0,18	24,20	0,41	0,71	5.678,75
70%	4.684,46	1.025,51	0,63	0,19	24,90	0,42	0,72	5.809,58
80%	4.837,78	1.116,03	0,67	0,21	25,58	0,43	0,73	5.978,22
90%	4.987,29	1.212,73	0,71	0,22	26,34	0,44	0,74	6.101,57
100%	5.139,42	1.299,92	0,75	0,23	27,00	0,45	0,75	6.250,63

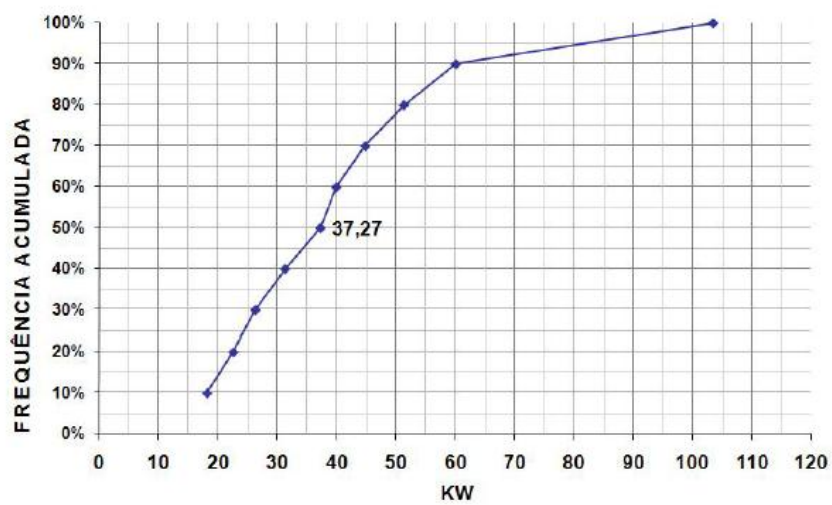
# RESULTADOS

## Cálculo do Potencial Elétrico

Variáveis	Variáveis de saída						
	S	DQO <sub>CH<sub>4</sub></sub>	K <sub>t</sub>	Q <sub>CH<sub>4</sub></sub>	Q <sub>CH<sub>4</sub> líquido</sub>	Q <sub>biogás</sub>	PE
	g/m <sup>3</sup>	Kg/dia	-	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	KW
10%	187,05	729,29	2,61	275,79	169,63	238,80	19,21
20%	230,73	941,11	2,61	359,20	212,91	303,61	24,25
30%	265,93	1.121,08	2,62	426,32	249,36	355,89	28,02
40%	305,57	1.235,26	2,62	469,73	281,66	404,91	32,45
<b>50%</b>	<b>340,34</b>	<b>1.380,53</b>	<b>2,63</b>	<b>527,06</b>	<b>316,88</b>	<b>461,07</b>	<b>37,27</b>
60%	386,56	1.556,22	2,64	593,87	359,60	511,62	41,07
70%	436,20	1.787,95	2,64	680,21	405,28	577,64	46,31
80%	493,36	2.035,65	2,65	770,94	460,57	660,98	53,27
90%	566,15	2.375,71	2,66	906,04	541,20	776,57	63,02
100%	752,03	3.553,60	2,66	1.351,73	833,12	1.245,32	109,20

# RESULTADOS

## Cálculo do Potencial Elétrico



## RESULTADOS

---

- ❖ Baseado na população de Madre de Deus atendida com esgotamento sanitário conclui-se que o **potencial elétrico gerado por habitante é de 1,3Wh**;
- ❖ Considerando **produção de todo esgoto da EMBASA**, cuja população atendida é de 2,96 milhões, poderia ser gerado **4MWh**;
- ❖ Capacidade **anual** instalada seria de **31.588MWh**;
- ❖ Admitindo o **consumo médio mensal** de uma residência com quatro indivíduos em 200KWh, estima-se que a **energia elétrica gerada por todo o esgoto tratado pela EMBASA (2.596.246KWh) forneceria eletricidade à 12.981 famílias**.

# RESULTADOS

---

## Análise de Viabilidade Econômica

### ❖ Premissas

- Foi considerada a potência elétrica de 37KW correspondente à mediana dos resultados obtidos com a simulação de Monte Carlo;
- A redução de custo com energia elétrica foi considerada como receita do projeto, correspondendo a R\$ 119.627,44;
- Os custos de O&M corresponderam a R\$ 41.765,88 e foram distribuídos uniformemente durante os anos do projeto;
- Estimou-se 9% de aumento na taxa de determinado insumo, conforme praticado em projetos desta natureza (GOMES, 2005);
- Adotou-se a taxa de juros de 12% ao ano.



# RESULTADOS

---

## Análise de Viabilidade Econômica

- ❖ O tempo de recuperação do capital ou *payback* será atingido em **2,3 anos**. Para um tempo de vida útil de 4 anos o investimento mostrou-se **viável**;
- ❖ O índice **relação B/C** para o valor presente encontrado é igual a **3,55**, indicando que as receitas atualizadas são maiores que os custos atualizados, portanto, **viável**;
- ❖ A **TIR** para o investimento é de **61,7%** ao ano, o que indica excelente rentabilidade do capital investido, já que supera a taxa de juros praticada de 12%, logo, **viável**;

# RESULTADOS

---

## Análise de Viabilidade Econômica

- ❖ Considerando o potencial de geração de energia de 31.588 MWh por ano, conclui-se que haveria uma economia de 51% no custo de energia elétrica com esgoto já que em 2007 os gastos corresponderam a 62.109MWh;
- ❖ É possível inferir que os resultados teriam desempenho superior caso o saneamento fosse descentralizado. Tal modelo implicaria em menor consumo de energia com o transporte de água pela rede de abastecimento, por conseguinte, as perdas no processo.

# RESULTADOS

---

## Análise de Viabilidade Econômica

- ❖ A implementação de um projeto sustentável de geração de energia elétrica poderá aumentar a eficiência energética do setor de saneamento, ao tempo em que amplia a participação das fontes renováveis na matriz brasileira;
- ❖ No saneamento, o aproveitamento dos esgotos como fonte de biogás é atraente do ponto de vista econômico já que reduz a demanda por eletricidade no setor, representando uma melhoria no balanço energético, cuja receita poderá viabilizar projetos de ampliação do serviço.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

- ❖ No aspecto ambiental, a redução das emissões de metano contribuirá com a mitigação do efeito estufa responsável pelo aquecimento global;
- ❖ O tratamento e destinação adequados dos esgotos evitarão a proliferação de doenças e a poluição do meio ambiente, promovendo a saúde e a qualidade de vida da população.

## RECOMENDAÇÕES

---

- ❖ A aplicação do estudo e a implementação do projeto em outras ETEs;
- ❖ A receita obtida com o projeto poderá ser aplicada na otimização dos processos de abastecimento e tratamento, buscando minimizar as perdas físicas e o desperdício energético;
- ❖ A implementação de um piloto para levantamento de dados reais e geração de protocolo de procedimentos para replicação da experiência em outras unidades;
- ❖ As recomendações mencionadas poderão melhorar o desempenho econômico dos sistemas de esgotamento sanitário contribuindo para a universalização do serviço.



---

## **AGRADECIMENTO**

Os autores Agradecem à EMBAS e, em especial, ao.  
Engo. JULIO ROCHA MOTA  
Superintendente de Meio Ambiente e Projetos



---

CONTATO:

[nesantos@ftc.br](mailto:nesantos@ftc.br)

[neila28@gmail.com](mailto:neila28@gmail.com)

## ANEXO C

## Reportagem Globo Rural 2013.

A reportagem “Projeto em Itaipu trata os dejetos das criações de porcos e gado de leite” mostrou, para todo o País, o sucesso da experiência do condomínio de agroenergia desenvolvido em Marechal Cândido Rondon, no Oeste do Paraná - uma parceria da usina com a Emater, a prefeitura local e outras instituições.

O projeto beneficia diretamente um grupo de 40 pequenos criadores. A reportagem comandada pelo jornalista Ivaci Matias foi feita em fevereiro deste ano. Agricultores que participam do projeto deram depoimentos sobre os benefícios gerados pelo condomínio. Além de evitar a poluição dos rios que alimentam o reservatório da usina, o reaproveitamento dos dejetos se transforma em renda. Essa foi a segunda vez que o programa ganhou destaque no Globo Rural.

Um condomínio de biodigestores foi a ideia que técnicos da usina de Itaipu tiveram para tratar os dejetos das criações de porcos e vacas do município de Marechal Cândido Rondon, no Paraná. Um dos objetivos do projeto, que ainda está em fase de teste, é evitar a poluição dos rios que vão dar no lago da hidrelétrica.

O abastecimento da gigantesca represa de Itaipu é feito pelo Rio Paraná e centenas de córregos como o Ajuricaba, que corta o município de Marechal Cândido Rondon, no oeste do Paraná. Hoje, a água do córrego é limpa. Mas até dois anos atrás recebia toneladas de dejetos produzidos por porcos e vacas leiteiras. Para cada litro de leite uma vaca produz três quilos de dejetos.

As vacas do produtor Pedro Regelmeier produzem cem litros de leite e 300 quilos de dejetos todos os dias. Hoje, os dejetos do curral dele e de 33 produtores do Vale do Rio Ajuricaba são canalizados diretamente para os biodigestores construídos nas fazendas. A empresa Itaipu forneceu o material e a assistência técnica. Os produtores entraram com a mão de obra.

O biodigestor é um reservatório de fibra de vidro totalmente fechado. Depois da ordenha, os dejetos são canalizados por gravidade para o interior e vão se acumulando no fundo dele. Durante o processo de fermentação o material produz gás metano, que é armazenado em balões de plástico.

O metano, também chamado de biogás, tem vários usos. A utilização mais simples é a queima direta em aquecedores usados na criação de animais em confinamento.

Os dejetos dos porcos criados pelo criador Eldo Mate geram 200 metros cúbicos de biogás por dia. Uma parte é canalizada para a cozinha da dona Helmei Mate, a mulher dele, que está economizando R\$ 40 por mês com o uso do biogás.

O biodigestor também produz biofertilizante. Depois de passar pelo processo final de fermentação, que leva 30 dias, o material armazenado dentro do biodigestor chega ao topo do reservatório e vaza por um funil que despeja o tudo em um tanque de lona plástica.

O biofertilizante não tem mais aquele cheiro forte do esterco, não atrai moscas e é um adubo de excelente qualidade, que pode ser espalhado nas pastagens e lavouras. O produtor Pedro Regelmeier produziu milho adubado com biofertilizante e conseguiu reduzir o custo da silagem que fornece para as vacas. Ele criou um casal de filhos com a renda do sítio de 7,5 hectares.

O engenheiro agrônomo Cícero Bley Junior, superintendente do setor de energias renováveis da empresa Itaipu, diz que o objetivo principal, que era despoluir o rio que alimenta o lago da usina, está sendo atingido.

O maior desafio dos técnicos é fazer com que o gás produzido e armazenado na região seja consumido localmente, dando autosuficiência aos produtores. O problema é que a produção individual de gás é pequena. A solução encontrada pelos técnicos foi a criação de um condomínio para juntar todo o biogás produzido na bacia do Rio Ajuricaba.

O condomínio funciona da seguinte maneira: à medida que o balão do biodigestor enche, o compressor empurra o gás através de um cano para a rede principal, enterrada ao longo da estrada. São 33 biodigestores ligados nos 25 quilômetros percorridos pelo gasoduto até chegar aos depósitos da usina termelétrica.

O gás movimenta um gerador com capacidade de produção de energia suficiente para abastecer 300 residências de consumo médio da zona rural. Além de gerar energia, a central possui um secador de grãos movido a biogás.

Houve redução do custo do transporte do milho, que antes era levado até o secador da cooperativa que fica na cidade. O preço cobrado no condomínio é menor que em relação ao da cooperativa.



Com a instalação do biodigestor, a agricultora Elizabete Vargas investiu na construção de um novo barracão, automatizou a ordenha comprou um tanque de resfriamento. A qualidade do leite melhorou e a mão de obra diminuiu.

Para quem trabalha em regime de agricultura familiar, menos mão de obra, significa mais tempo para a convivência com os filhos e netos, que no futuro darão continuidade aos negócios da família.

Este projeto é um projeto piloto que está em fase de testes e ainda não há dados técnicos suficientes para fazer a multiplicação dessa tecnologia.

GLOBO RURAL. Disponível em:

<http://m.g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2013/06/projeto-em-itaipu-trata-os-dejetos-das-criacoes-de-porcos-e-gado-de-leite.html?hash=3> > acesso em 09/06/2013.