

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
ENGENHARIA ELÉTRICA**

BERNARDO DAMO DE ARAÚJO

**POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA RESIDUAL – RURAL E
URBANA EM SANTA CATARINA**

**JOINVILLE, SANTA CATARINA
2016**

BERNARDO DAMO DE ARAÚJO

**POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA RESIDUAL – RURAL E
URBANO EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial na obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Adalberto de Araújo Barreto Filho.

JOINVILLE, SANTA CATARINA

2016

BERNARDO DAMO DE ARAÚJO

**POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DA BIOMASSA RESIDUAL – RURAL E
URBANO EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do estado de Santa Catarina –
Centro de Ciências Tecnológicas – Bacharelado em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. Adalberto de Araújo Barreto Filho
UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina)

Membro: Profa. Laís Hauck de Oliveira
UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina)

Membro: Prof. Dr. Antônio Flávio Licarião Nogueira
UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina)

JOINVILLE/SC

2016

RESUMO

Busca-se, através de um estudo prospectivo, em nível de graduação, com a proposta, abordar dois problemas enfrentados, tanto pelas cidades, como nas regiões rurais habitadas, em todo o mundo hoje: a escassez energética e o reaproveitamento residual. O aproveitamento energético residual é de fundamental importância, atualmente, por haver matéria prima abundante e, frequentemente, de indesejáveis efeitos - quando não adequadamente processados - na maioria dos países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Busca-se, através de levantamentos de campo e compilação de dados e estatísticas institucionais, verificar a eficiência, tanto de dejetos rurais como de dejetos urbanos. Um projeto rural, piloto, selecionado como sítio de prova para algumas constatações básicas, foi identificado e encontra-se em andamento, sendo objeto de acompanhamento e será de relevância para provar aspectos de sustentabilidade e de rentabilidade que uma planta desta natureza pode gerar.

Palavras-chave: dejetos, biomassa, aproveitamento, potencial energético, solução energética, lixo.

ABSTRACT

Seeks, through a prospective study at the undergraduate level, the proposal, address two problems faced by both cities and in populated rural regions in the world today: energy scarcity and waste recycling. The residual energy use is of fundamental importance today, because there is abundant raw material and often unwanted effects - if not properly processed - in most developed and developing countries. Seeks, through field surveys and compiling data and institutional statistics, check the efficiency of both rural waste and municipal waste. A rural design, pilot, selected as test site for some basic findings, has been identified and is in progress, being followed up and will be relevant to prove aspects of sustainability and profitability that a plant of this nature can generate.

Keywords: waste, biomass utilization, energy potential, energy solution, waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquemático da utilização de um biodigestor em propriedade rural.....	21
Figura 2 – Esquemático de um biodigestor.....	23
Figura 3 - Tecnologias utilizadas em biodigestores.....	25
Figura 4 - esquema e funcionamento de um biodigestor modelo Indiano	28
Figura 5 - Esquemático de funcionamento de um biodigestor alemão.....	30
Figura 6 - Ciclo de aprovação de um projeto de MDL.....	36
Figura 7 - Fluxograma de uma planta com geração de energia elétrica a partir do biogás.....	50
Figura 8 - Representação do VPL.....	63
Figura 9 - Usina de biogás proveniente de aterro em Itajaí.....	66
Figura 10 - Casa de máquinas.....	67
Figura 11 - Complexo Bandeirantes.....	68
Figura 12 - bioEnergie Park Güstrow, o maior biodigestor do mundo na atualidade.....	69
Figura 13 - Fluxograma de massa do projeto bioEnergie Park Güstrow.....	70
Figura 14 - Ranking de fertilizantes do mundo	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência Energética entre 1 m ³ de biogás e outras fontes de energia.	16
Tabela 2 - Alguns exemplos de quantidade e concentração de biogás em função da biomassa.	22
Tabela 3 - Potencial de Geração de biogás de alguns substratos.	26
Tabela 4 - Comparação entre três tecnologias que utilizam biomassa.	32
Tabela 5 - Dados da produção de Suínos no Estado de Santa Catarina.	41
Tabela 6 - Investimentos nas termelétricas a biomassa (combustível bagaço de cana).	44
Tabela 7 - Preço do MWh das usinas termelétricas a biomassa.	45
Tabela 8 - Produção diária de dejetos de suínos de acordo com o sistema de produção (litros/dia).	51
Tabela 9 - Estimativa dos teores da MS, Ntot.P2O5 e K2O, nos dejetos de suínos.	53

SUMÁRIO

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	11
OBJETIVOS	12
1 METODOLOGIA	13
2 BIOGÁS	15
2.1 O QUE É O BIOGÁS	15
2.2 BIOGÁS E O EQUIVALENTE ENERGÉTICO	16
2.3 PROCESSO DE BIODIGESTÃO	17
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DIGESTÃO ANAERÓBICA	18
2.4.1 Temperatura.....	19
2.4.2 Tipos de Resíduo	19
2.4.3 Relação Carbono/Nitrogênio	19
2.4.4 Tempo de Retenção	19
2.4.5 Controle de acidez (PH)	20
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1 UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS (BIODIGESTOR)	21
3.1.1 Como Funcionam os Biodigestores	21
3.1.2 Tecnologias Utilizadas Em Biodigestores	24
3.1.3 Potencial De Geração De Biogás	25
3.1.4 Tipos De Biodigestores	27
3.1.5 Biofertilizante	32
3.1.6 Mercado de Carbono	34
3.1.7 Geração Distribuída	37
3.1.8 Suinocultura em Santa Catarina.....	40
4 GERAÇÃO TERMELÉTRICA A BIOMASSA	43
4.1 DOMÍNIO DA TECNOLOGIA	43

4.2	INVESTIMENTO DA IMPLANTAÇÃO	44
4.3	PREÇO DO MWH.....	45
4.4	FATOR DE CAPACIDADE	46
4.5	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	47
5.	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	49
5.1	PLANEJAMENTO DE UMA PLANTA COM GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE UM BIODIGESTOR ANAERÓBIO	49
5.1.1	Estimação da quantidade de dejetos	50
5.1.2	Análise e correção da qualidade dos dejetos	52
5.1.3	Escolha do tipo de biodigestor a ser implantado	53
5.1.4	Dimensionamento do biodigestor	53
5.1.5	Estimação da quantidade de biogás gerada.....	55
5.1.6	Análise da qualidade do biogás.....	56
5.1.7	Tipo de conversão de energia a ser implantada.....	56
5.1.8	Estimação da quantidade de energia elétrica a ser gerada	56
5.1.9	Análise dos produtos gerados pela planta	57
5.1.10	Destinação da Energia Elétrica	57
5.1.11	Destinação do biofertilizante	58
5.1.12	Possibilidade de Renda com Créditos de Reduções de Emissões	58
5.2	AVALIAÇÃO DOS RISCOS DO PROJETO.....	59
5.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	60
5.3.1	Premissas econômicas	60
5.3.2	Fluxo de Caixa	60
5.3.3	Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	60
5.3.4	Valor Presente Líquido (VPL)	60
5.3.5	Taxa Interna de Retorno (TIR)	61
5.3.6	Payback.....	61

5.3.7 Definições de Indicadores de Viabilidade Econômica	61
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	64
6. EXEMPLOS DE BIODIGESTORES	65
6.1 BIODIGESTORES URBANOS NO BRASIL	65
7. LEGISLAÇÕES E INCENTIVOS	71
7.2 LEGISLAÇÃO EM SANTA CATARINA.....	77
8 DISCUSSÃO	79
9 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS.....	83

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Os resíduos gerados, e não tratados, tanto na cidade como na zona rural afetam a saúde das localidades circundantes à sua produção, como também, em todo o planeta. Em época de conscientização ambiental, é inadmissível que os resíduos não tenham um destino apropriado ou um aproveitamento. Em outra vertente, o problema energético mundial precisa de soluções eficientes e, ao alcance de todos. Com isso, formulou-se essa proposta de abordagem, tentando unir o útil ao agradável, literalmente. A geração de biomassa ou gás metano é algo ainda relativamente pouco explorado no Brasil – sobretudo quando se leva em consideração usos já praticado em muitos países e em face do seu potencial mundial, cada vez mais contabilizado como alternativa de suprimento complementar. Como tratado no curso de graduação em que se desenvolve este trabalho, nos tópicos dedicados à geração de energia, dará ênfase ao uso energético do biogás ou biomassa.

OBJETIVOS

Objetivo geral: O objetivo geral é demonstrar o potencial energético e ambiental do aproveitamento residual rural ou urbano. A praticidade e viabilidade da produção de energia a partir de resíduos, normalmente não reaproveitados, serão verificados. Mostrar que, além de proveitoso, é também ecologicamente correto, e possivelmente aplicável em escala residencial ou rural. Santa Catarina é um dos maiores produtores de suínos do Brasil e tem um potencial residual muito superior ao resto do país. A produção de energia por biogás já passou do tempo de virar uma realidade, pois o país necessita de alternativas para o desenvolvimento da matriz energética, sobretudo de energéticos sustentáveis complementares, em projeções de médios e longos prazos.

Objetivos Específicos: Compilar, sob a forma de documentação técnica, para orientação e consulta um manual de instalação de plantas energéticas de biomassa. Na dimensão de instalações piloto como meio de obtenção de biogás para produtores rurais ou para moradores urbanos. Pretende-se, também, estudar a viabilidade econômica para que o investimento inicial seja atrativo para uma possível propagação em micro e pequena escala. Para exemplo de aplicação, como objeto de verificação, será selecionada uma fazenda que possui criação de suínos - com o intuito de validação do que é pesquisado e analisado.

Hipótese: O potencial disponível prospectado de energia proveniente de biomassa é muito alto, ainda mais quanto a matéria prima para a produção sejam aterros sanitários e dejetos animais proveniente da pecuária, por exemplo. Com a tecnologia atual, aliado às questões ambientais, os programas energéticos governamentais devem começar a estimular o crescimento da participação da energia biomassa para suprir a demanda energética do país, devido a sua complementaridade ao regime hídrico, e também, diminuir o impacto causado ao meio ambiente com a queima do carbono para produção de energia.

A suinocultura, em diversas escalas de sua atividade rural, apresenta, particularmente, atrativos e perspectivas de geração energética (metano) consideráveis e que, portanto, podem apresentar um insumo energético promissor no Brasil e em Santa Catarina.

1 METODOLOGIA

Partindo de uma prospecção bibliográfica sobre os temas - onde são considerados com ênfase especial estudos já realizados na área de biologia e engenharia relacionados à área de estudo. Estudos de plantas com a identificação de aspectos de desempenho serão realizados – selecionando indicadores de avaliação da eficiência energética e viabilidade econômica. Constatações serão efetuadas e tabeladas para efeito de comparação entre plantas e alternativas de projeto.

Especificamente, avalia-se uma micro usina de biogás para observação e constatações. As técnicas de análise utilizadas serão as adquiridas por meio do conhecimento do curso e estudos de outros projetos. Os ensaios inicialmente serão realizados com resíduos de origem animal de procedência suína. A intenção é demonstrar a montagem de uma pequena usina de biogás para uso em micro escala - possivelmente montável em qualquer tipo de agronegócio ou para uso residencial.

2 BIOGÁS

2.1 O QUE É O BIOGÁS

Biogás (TEIXEIRA, 2005) é o produto da decomposição natural de qualquer substância orgânica, como dejetos de animais, resíduos vegetais e também de lixo residencial e industrial. O biogás é constituído de vários gases, mas os principais componentes são o metano (CH_4), que corresponde a cerca de 65%, e o dióxido de carbono (CO_2), que corresponde a cerca de 34% da mistura. Encontramos também nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e gás sulfídrico (H_2S), cada um destes correspondendo a no máximo 1% da mistura. O gás sulfídrico é o gás que dá o odor pútrido característico da mistura, e é também o responsável pela corrosão verificada nos componentes do sistema de biogás. Os substratos mais comuns para a produção de biogás são:

- Dejetos e rejeitos de suinocultura, pecuária e avicultura;
- Resíduos agrícolas, como cascas, folhagens, palhas e restos de cultura;
- Resíduos industriais, como bagaços, descartes, restos de restaurantes;
- Vinhaça;

O processo de produção de biogás ocorre devido às bactérias metanogêneas, sem a presença de ar. Os sistemas de condicionamento de ar são constituídos por instalações e equipamentos mecânicos (ventiladores, bombas, tubulações, dutos, etc.) e elétricos (motores de potência, manobra e regulação).

2.2 BIOGÁS E O EQUIVALENTE ENERGÉTICO

O poder calorífico do biogás (TEIXEIRA, COLDBELLA, POMPERMAYER, 2005) depende da concentração de metano existente. Normalmente está situado na faixa entre 5.000 e 6.000 kcal/m³. A Tabela 1 compara a equivalência energética entre 1 metro cúbico (m³) de biogás e outras fontes de energia.

Fonte: MMA, 2009

Fonte Energética	Quantidade
Gás de cozinha	0,40 kg
Gasolina	0,61 a 0,70 litros
Óleo diesel	0,55 litro
Etanol	0,80 litro
Carvão Vegetal	0,74 kg
Querosene	0,58 litro
Energia Elétrica	1,25 s 1,43 kWh
Lenha	1,60 a 3,50 kg

Tabela 1 - Equivalência Energética entre 1 m³ de biogás e outras fontes de energia.

O líquido proveniente do biodigestor, o efluente, após o processo de biodigestão feita pelas bactérias, possui potencial para fertilizantes. Além de água, o líquido efluente, conhecido como biofertilizante, possui elementos químicos como nitrogênio, fósforo e potássio o suficiente para serem aproveitados e usados diretamente na adubação de espécies vegetais através de fertirrigação.

O biofertilizante possui entre 90 a 95 % de água (isto é, 5 a 10% de fração seca do líquido). Nessa base seca, o teor de nitrogênio - dependendo do material que lhe deu origem - fica entre 1,5 a 4% de nitrogênio (N), 1 a 5% de fosfato (P₂O₅) e 0,5 a 3% de potássio (K₂O) (RC Traballi, 2004).

Este mesmo processo que trata os dejetos rurais proveniente de suínos, bovinos, caprinos, etc. pode ser usado para o esgoto doméstico das residências. Embora o intuito da produção do biogás seja como fonte de energia e de fertilizantes orgânicos para produtores rurais, também pode ser usado para tratamento de esgotos humanos para pequenas comunidades urbanas. Porém, se tornaria importante aplicar

um processo para desinfecção dos microrganismos presentes nas fezes humanas. Utilizar algas, que podem auxiliar na desinfecção do efluente líquido e também do efluente sólido, além de produzirem biomassa com alta concentração de proteínas, esta pode servir a alimentação animal ou diretamente utilizada como adubo.

2.3 PROCESSO DE BIODIGESTÃO

A digestão (TEIXEIRA, SOARES J., BIODIGESTION OF KITCHEN WASTE, 2005) é um processo biológico causado por ação bacteriana. As bactérias anaeróbias, responsáveis pelo processo de digestão, não sobrevivem em ambientes com oxigênio. Desta maneira, devido à presença de oxigênio na mistura da matéria prima, decorre um tempo até que as bactérias aeróbias consumam o oxigênio presente, para então o processo de digestão se iniciar.

A produção de biogás pelas bactérias metanogênicas é função da temperatura operacional do biodigestor. Temperaturas mais elevadas resultam em processos mais eficientes. A queda da temperatura leva ao retardamento do processo de digestão. Para 15° C a produção de biogás é pequena e em torno de 10°C a produção cai para patamares bem reduzidos.

Em casos onde há uma variação mínima, porém brusca, a temperatura exerce grande influência no processo. Variações de 3°C já são sentidas, e por isso não são recomendadas.

As bactérias metanogênicas podem ser divididas em dois grupos, conforme a temperatura do substrato. As bactérias mesofílicas se desenvolvem em temperaturas na faixa de 20°C a 45°C. A temperatura ideal para este grupo gira em torno de 36,5°C.

As bactérias termofílicas se desenvolvem em temperaturas superiores a 45°C. Elas possuem maior velocidade de digestão, o que reduz o tempo de retenção de sólidos no digestor. A temperatura ideal para este grupo gira em torno de 56°C.

Embora o tempo de retenção seja diferente para os dois grupos, o grau de decomposição da matéria é o mesmo. Nota-se também que o grupo das bactérias mesofílicas tem uma maior capacidade de tamponamento e é mais robusto a alterações ou acúmulo de substâncias inibidoras.

O processo de digestão pode ser definido em três fases distintas (METZ, 2013):

- A primeira fase ou fase de liquefação é quando ocorre a transformação de compostos complexos em substâncias mais simples. Esta etapa é realizada por bactérias que possuem capacidade enzimática de decomposição de carboidratos, gorduras e proteínas. A reação predominante nesta fase é a conversão de polissacarídeos insolúveis em matéria orgânica solúvel.

- A segunda fase é conhecida como acidogênese/acetogênese, ou ainda fase ácida. Nesta fase os aminoácidos, monossacarídeos, ácidos graxos e gliceróis, obtidos na primeira fase, tornam-se substratos para as bactérias saprófitas, que são facultativas. Estas bactérias são responsáveis pela formação de ácidos orgânicos simples, de baixo peso molecular, como o ácido fórmico, acético, propiônico e butírico, ou mesmo acetatos e hidrogênio, liberando produtos de degradação intermediária, como o CO₂ e H₂O.

- A terceira fase é a gaseificação. Nesta fase as bactérias metanogênicas metabolizam os ácidos voláteis produzidos na fase anterior. Nesta fase ocorre a produção do gás metano e do dióxido de carbono. Entre os produtos finais também são encontrados, entre outros, o gás sulfídrico (H₂S), água (H₂O) e a amônia (NH₃).

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DIGESTÃO ANAERÓBICA

A digestão anaeróbia (METZ, 2013) é o processo em que bactérias decompõem a matéria orgânica em um meio com ausência de oxigênio. Assim é importante que se observe os fatores que influenciam na maior ou menor produção de biogás. Dentre estes fatores podemos citar:

2.4.1 Temperatura

O desenvolvimento das bactérias metanogênicas e a produção de biogás é função da temperatura do biodigestor. As bactérias responsáveis pela biodigestão são bastante sensíveis a variações bruscas de temperatura. Uma variação de 3° C já é o suficiente para causar a morte da maioria das bactérias. Por isso, é fundamental que a temperatura nos biodigestores seja controlada.

2.4.2 Tipos de Resíduo

O tipo de resíduo é o que as bactérias consomem para o processo. Uma vez que a relação carbono/nitrogênio é um fator muito importante, o material vegetal é uma das melhores matérias-primas, pois é fonte rica em carbono devido ao seu alto teor de carboidratos.

2.4.3 Relação Carbono/Nitrogênio

Este fator é de grande importância para a formação dos ácidos orgânicos utilizados pelas bactérias para a produção de biogás. Além disso, o carbono é utilizado pelas bactérias como energia e o nitrogênio é usado para a construção das estruturas celulares. A relação ideal está na faixa de 20 a 30 partes de carbono para uma de nitrogênio.

2.4.4 Tempo de Retenção

É o tempo em que o material orgânico permanece no interior do biodigestor. O tempo de retenção está relacionado a fatores como a granulometria, temperatura, entre outros. Em geral recomenda-se tempos de retenção de 4 a 60 dias.

2.4.5 Controle de acidez (PH)

O ph adequado situa-se na faixa entre 6 e 8, tendo 7 como o ideal. Ambientes muito ácidos causam a morte das bactérias metanogênicas. Portanto, deve ser controlado também.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS (BIOGESTOR)

3.1.1 Como Funcionam os Biodigestores

Fonte: Portal Resíduos Sólidos

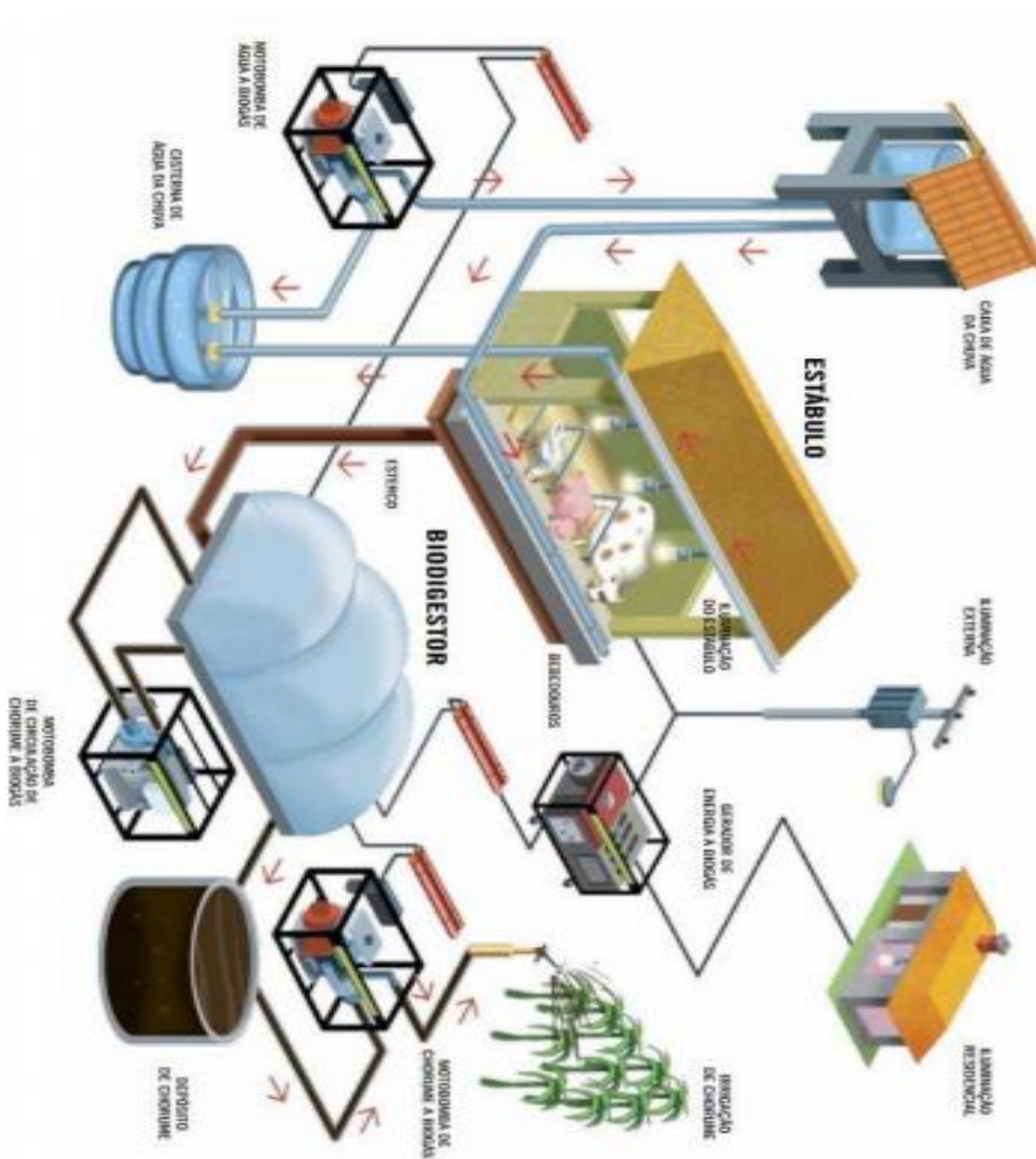


Figura 1 - Esquemático da utilização de um biodigestor em propriedade rural.

Na ausência de oxigênio, toda a matéria orgânica está sujeita a sofrer biodigestão, também conhecida como decomposição anaeróbia. Pode-se dizer que trata-se de uma reciclagem natural, onde as moléculas serão quebradas até a menor forma possível, se apresentando então como fase líquida e fase gasosa. Na fase gasosa temos então o biogás. O biogás é composto basicamente de Metano e Gás carbônico (Ver tabela 2). Dependendo da biomassa (substrato) usada no processo de biodigestão, podemos ter maior ou menor geração de biogás com diferentes concentrações de metano e gás carbônico.

O biogás é extremamente inflamável. Pode ser usado para qualquer fim que necessite de combustível. O biogás pode ter o seu potencial energético aproveitado em cozimento, aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadores, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, etc. Pode ser utilizado também, na manutenção da casa, com geradores de energia elétrica, proporcionando mais conforto ao homem do campo. Exemplificando, nas condições do semiárido, a adição de dois carrinhos de mão de esterco suíno por dia, é suficiente para gerar todo o biogás necessário a uma família média de 5 pessoas. Isto requer entre 4 a 5 suínos na granja (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

E então, resta a fase líquida, que origina o biofertilizante. Sua qualidade é superior aos fertilizantes químicos, sendo a melhor opção para a agricultura. O Biodigestor é formado principalmente por um coletor de biomassa, fermentador e um depósito. Depois de preparada no coletor de biomassa (Substrato), esse material segue diretamente para o fermentador. O fermentador tem a função de acelerar o processo de biodigestão dando condições ideais para a ação bacteriana responsável por esse processo.

Fonte: OLIVEIRA JÚNIOR, 2013

Biomassa	Producao de Biogas em l/kg de materia fresca	Producao de Biogas em l/kg de materia seca	Percentual de metano
Palha do milho	202	480	52%
Silagem de Capim	172	584	54%
Esterco bovino	45	280	55%
Esterco suíno	60	400	60%
Resíduos Sólidos Orgânicos	100		61%

Tabela 2 - Alguns exemplos de quantidade e concentração de biogás em função da biomassa.

Na maioria dos casos (depende do substrato usado), esse material passa cerca de 40 dias dentro do fermentador. Depois disso temos o biogás e os biofertilizantes. O biogás pode ser usado como produto de queima onde o calor for necessário, por exemplo para a fabricação de farinha de mandioca. Também pode ser queimado em motores especiais para a geração de energia elétrica (MACHADO, 2013).

A opção escolhida depende basicamente da necessidade do usuário. Os biofertilizantes são muito ricos em minerais e têm uma carga orgânica muito baixa, sendo assim excelentes para uso na agricultura (Ver figura 2).

Fonte: UNESCO training manual, 1970

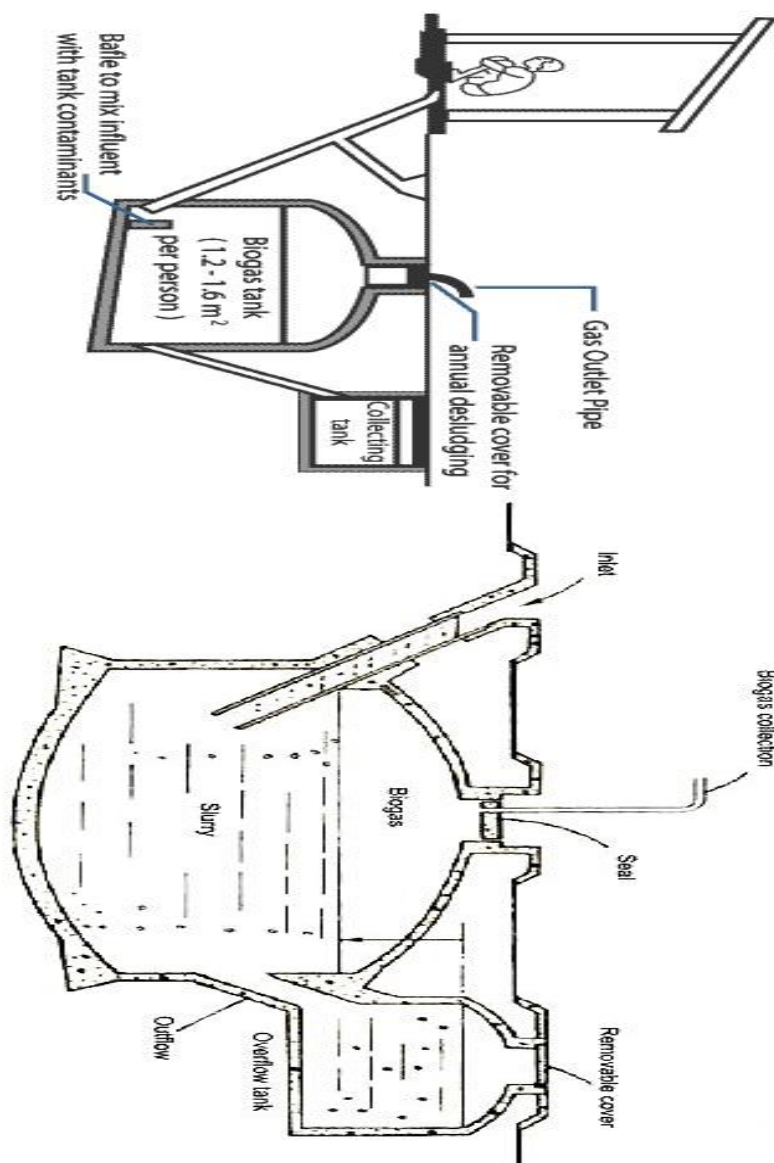


Figura 2 – Esquemático de um biodigestor.

3.1.2 Tecnologias Utilizadas Em Biodigestores

As tecnologias utilizadas em biodigestores são estabelecidas em função do estudo sobre o substrato que será utilizado para alimentar o fermentador. Sendo assim, o primeiro passo para se determinar a tecnologia é o estudo dos substratos.

Tendo em vista que os substratos podem vir em sua forma pura ou misturada, as possibilidades de aplicação de tecnologias beiram ao ilimitado (Ver figura 3), já que as possibilidades de se combinar substratos são infinitas não somente nos tipos, mas também nas quantidades e percentuais de cada um. Além disso, é necessário saber mais sobre o grau de umidade do substrato e sua viscosidade e com isso, escolher entre técnicas de digestão seca ou úmida. A diferença básica entre as formas de digestão se dá pelo fato de a digestão úmida ser bombeável e a seca ser empalhável. Apesar de não haver uma definição oficial em função do percentual de umidade, na prática a linha divisória entre a digestão seca e úmida gira em torno de 30% de matéria seca no substrato (MACHADO, 2015).

O estudo do substrato também ajuda na definição de como deve funcionar a alimentação do fermentador, que pode ser de forma contínua, semicontínua ou descontínua. Em cada uma das possibilidades existem vantagens e desvantagens relacionadas por exemplo ao tempo de retenção dentro dos fermentadores, o que pode influenciar na quantidade de biogás produzido (MACHADO, 2015).

As composições químicas do substrato assim como a velocidade de decomposição da matéria orgânica podem servir de base para a determinação dos números de fases do processo de fermentação. Na prática significa que as quatro fases da digestão, (hidrolise, acidogênese, acetogênese e metagênese) podem acontecer de modo paralelo em um único fermentador ou serem distribuídas em dois ou mais fermentadores (KRA INOUE, 2008).

Então, dependendo do estilo e da engenharia que será usada, a fermentação gera um tipo de bactéria para cada valor de temperatura que se deseja fazer o processo (psicrofílico, mesofílico e termofílico). Depois de se definir a temperatura do

processo é necessário mantê-la para que os micro-organismos responsáveis não sofram perda de desempenho, já que a variação de temperatura pode ser prejudicial.

Fonte: MACHADO, 2015

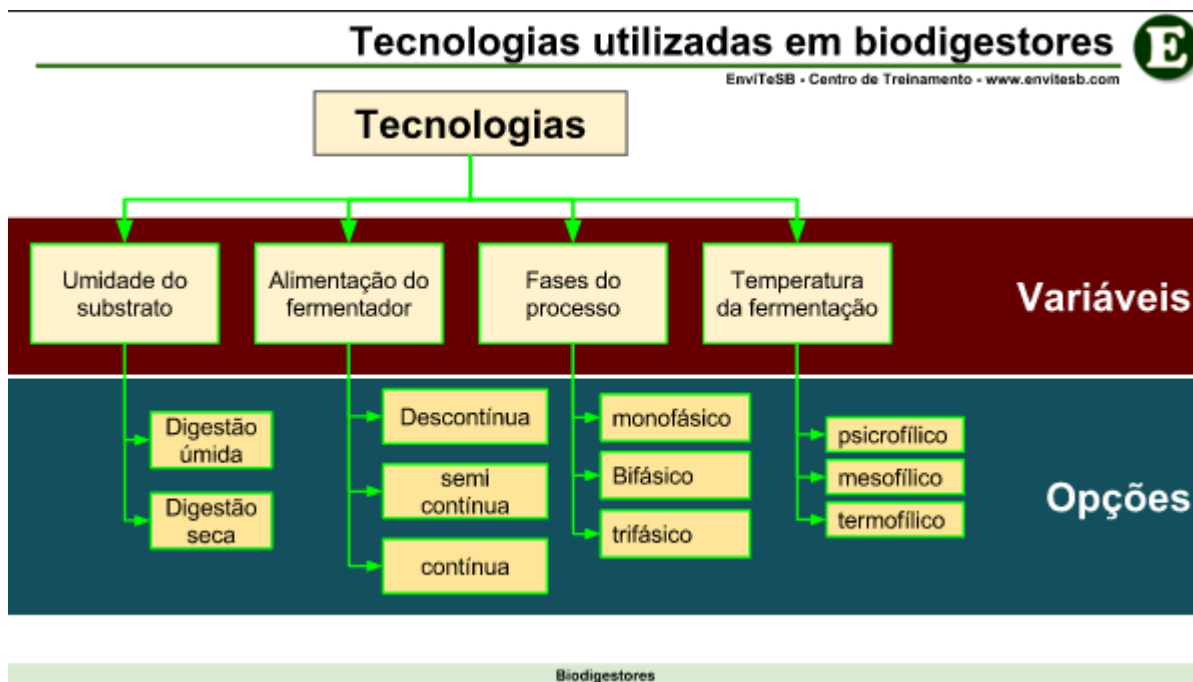


Figura 3 - Tecnologias utilizadas em biodigestores.

3.1.3 Potencial De Geração De Biogás

O potencial de geração de biogás de um determinado substrato está diretamente ligada ao potencial químico de cada substrato e a eficiência da tecnologia de biodigestão utilizada em um fermentador. Na decomposição anaeróbia, a parte orgânica da substrato se transforma quase totalmente em biogás (dependendo da tecnologia utilizada), restando uma parte mineral e água, que formam juntos os chamados biofertilizantes (MACHADO, 2014).

O maior problema no cálculo exato de produção de biogás se dá pela variação de composição de diferentes substratos (uma fruta, por exemplo) no tempo. Pra complicar ainda mais, existem vários tipos de substratos, e diferentes tipos de substratos de uma mesma espécie, ou seja, vários tipos de banana, maçã, milho, etc.

Dito isso, cada substrato deve passar por uma série de estudos para aplicar o melhor processo em cada tipo. Pode-se escolher tipos diferentes de agitadores, o método automatizado que irá ocorrer, quais os tamanhos dos fermentadores, por qual tempo será o aproveitamento máximo de cada substrato, etc.

Para facilitar o cálculo de viabilidade de determinados projetos, alguns institutos divulgam listas com potenciais de geração de biogás de alguns substratos. Nestas listas, deve-se sempre levar em consideração as condições de medição e sobretudo, a composição de nutrientes de cada substrato estudado.

Fonte: MMA, 2012

Substrato	MS	MSo	N [%MS]	NH4 [%MS]	P2O5 [%MS]	K2O [%MS]	Produção de Biogás	Produção de Metano	Quantidade de metano	Fonte
	[%]	[%MS]	[%MS]	[%MS]	[%MS]	[%MS]	Nm ³ /ton substrato	Nm ³ /ton substrato	Nm ³ /ton MSo	
Esterco líquido Bovino	6 à 11	75 à 82	2,6 à 6,7	1 à 4	0,5 à 3,3	5,5 à 10	20 à 30	11 à 19	110 à 275	FNR
Esterco líquido suíno	4 à 7	75 à 86	6 à 18	3 à 17	2 à 10	3 à 7,5	20 à 35	12 à 21	180 à 360	FNR
Esterco bovino	20 à 25	68 à 76	1,1 à 3,4	0,22 à 2	1 à 1,5	2 à 5	60 à 120	33 à 36	130 à 330	FNR
Esterco de aves	40	75	18,4	N.F	14,3	13,5	130 à 270	70 à 140	200 à 360	FNR
Silagem de milho	28 à 35	85 à 98	2,3 à 3,3		1,5 à 1,9	4,2 à 7,8	170 à 230	89 à 120	234 à 364	FNR
Silagem de gramíneas	25 à 50	70 à 95	3,5 à 6,9		1,8 à 3,7	6,9 à 19,8	170 à 200	93 à 109	300 à 338	FNR
Grãos de Cereais	87	97	12,5		7,2	5,7	620	320	380	FNR
Beterraba sacarína	23	90	1,8		0,8	2,2	120 à 140	65 à 76	340 à 372	FNR
Beterraba forrageira	16	90	N.f		N.f	N.f	75 à 100	40 à 54	332 à 364	FNR

Legenda:	
MS	Massa Seca
MSo	Massa Seca Orgânica
N	Nitrogênio
NH4	Cátio de Amônio

Tabela 3 - Potencial de Geração de biogás de alguns substratos.

Na tabela 3, os volumes são descritos em Nm³, ou seja, um metro cúbico em condições normais de pressão (1 bar) e temperatura (25°C).

Para o cálculo do potencial de geração de biogás de substratos, pode-se começar com os dados de tais tabelas. Para o dimensionamento do fermentador, é altamente recomendável o envio dos substratos à uma laboratório especializado nessas medições, já que projetos com biodigestores com tecnologia eficientes podem alcançar altos custos.

3.1.4 Tipos De Biodigestores

Há vários tipos de biodigestores, e serão tratados dois tipos: o mais simples e “caseiro” (o modelo indiano) e o mais sofisticado e eficiente (o modelo alemão).

3.1.4.1 Biodigestor Indiano

O biodigestor de campânula flutuante, também conhecido como Biodigestor Indiano, é composto de uma câmara de digestão e de um depósito de gás móvel e caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. Este flutua diretamente sobre o lodo em digestão ou em um selo hídrico. O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água, reduz as perdas durante o processo de produção do gás (MAN ANDRADE, 2002)

O modelo indiano, demonstrado na figura 4, possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante.

A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. Este modelo pode ser operado como um biodigestor contínuo com descarga automática, dispensando o tanque de compensação. Estes equipamentos apresentam baixo custo de construção, mas sofrem com o desgaste da campânula, geralmente metálica que entra em corrosão resultando uma vida útil curta, em torno de cinco anos. Com isso, o Biodigestor Indiano apresenta altos custos de manutenção e tem a necessidade periódica de pintura da campânula.

Quando construído, apresenta o formato de um poço. Movimenta-se para cima e para baixo de acordo com a produção de biogás. Ocupa pouco espaço e a construção, por ser subterrânea, dispensa o uso de reforços, tais como cintas de

concreto. Caso a cúpula seja de metal, deve-se fazer uso de uma boa pintura com um antioxidante.

Fonte: MACHADO, 2013

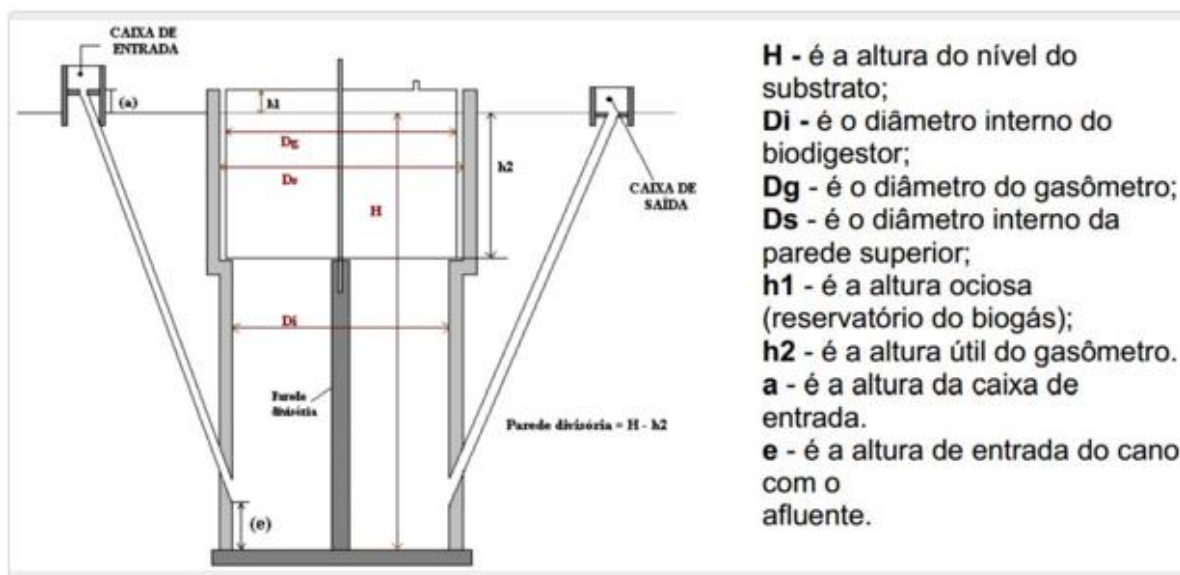


Figura 4 - esquema e funcionamento de um biodigestor modelo Indiano

O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam uma certa regularidade no fornecimento de dejetos (MACHADO, 2013).

Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final, e também à distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte inviabilizando a implantação deste modelo de biodigestor.

Por ser um biodigestor que fica no subsolo, é preciso ter cuidado, evitando infiltração no lençol freático.

No modelo de Biodigestor Indiano, não existe automação e o controle do processo ocorre de forma natural.

A Índia foi o primeiro país a instalar biodigestores em massa para a produção de biogás. A primeira unidade foi construída por volta de 1908. Em 1951, ano que o Governo criou um programa para a implantação de biodigestores, existiam cerca de 1950 biodigestores no país. Após 40 anos, o número de biodigestores na Índia já passava de 160 mil unidades instaladas.

3.1.4.2 Biodigestor Alemão

Fonte: MACHADO, 2013

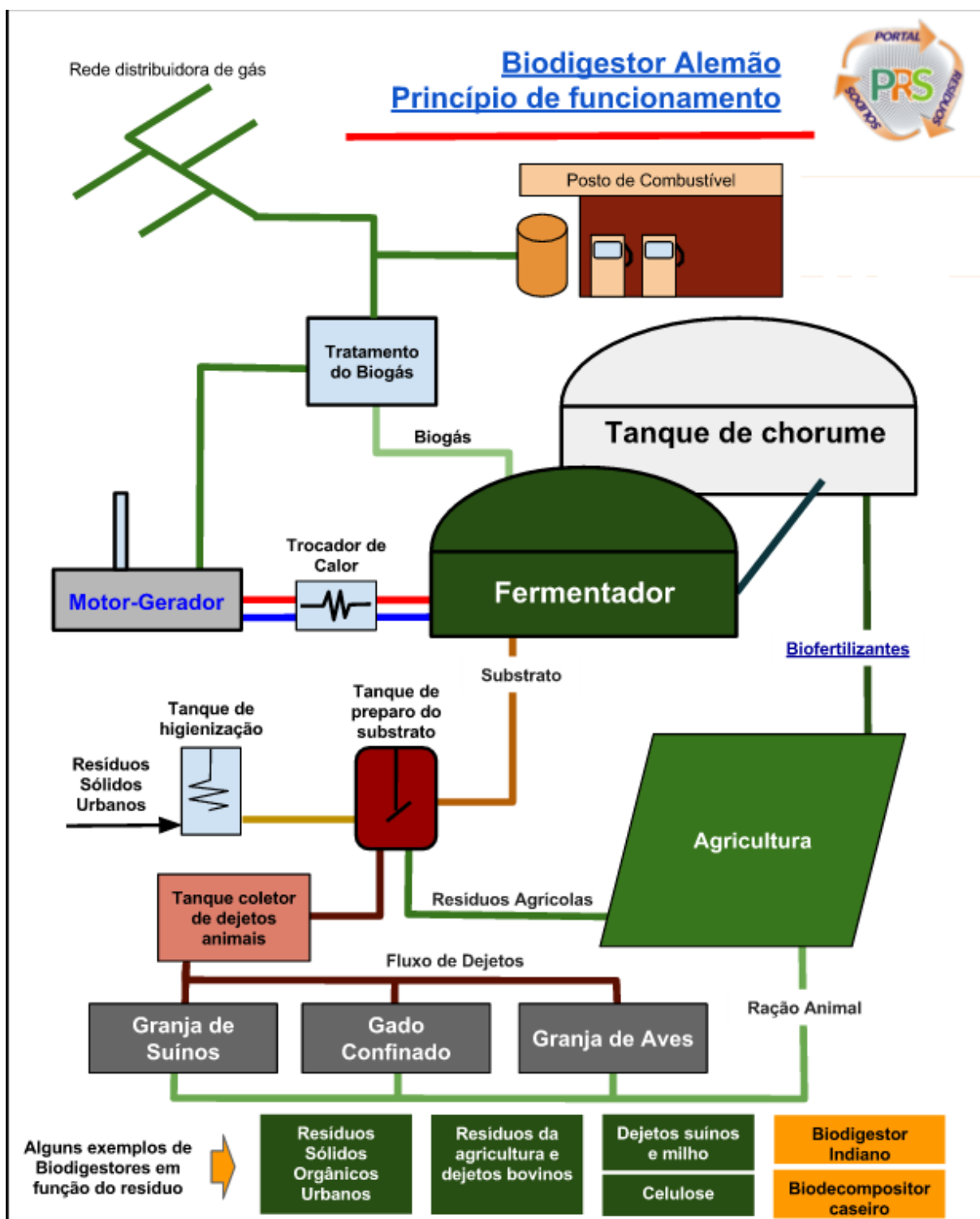


Figura 5 - Esquemático de funcionamento de um biodigestor alemão.

Difere do indiano por ser automatizado (conforme Figura 5), para ter um catalizador mais eficiente para o processo poder gerar mais metano com a menor quantidade de matéria orgânica possível e assim, fazer o empreendimento um

negócio altamente lucrativo. Esse aumento de eficiência depende de uma estudo primário sobre os tipos de matérias orgânicas e sua posterior adaptação da automação.

O número de biodigestores na Alemanha cresceu de 700 para 5905 entre os anos de 1999 até 2010. Com a crise nuclear e a difusão da tecnologia aliada a estímulos do governo alemão, este número alcançou em 2011 o recorde de mais de 7200 biodigestores instalados na Alemanha, com uma potência elétrica total 2850 MW, ou seja, o equivalente a duas usinas nucleares (MACHADO, 2013).

O crescimento alto no número de biodigestores se dá pela construção modular dessas centrais na Alemanha. Normalmente, um biodigestor de 500 kW para processar cerca de 20 toneladas por dia de resíduos (milho) pode ser construído em até 6 semanas. Em sistemas mais atuais, como o biodigestor de celulose, os componentes são pré-fabricados e podem ser montados em até 3 dias (MACHADO, 2013).

A viabilidade econômica dessas centrais se dá pela venda de biogás, biofertilizante, créditos de carbono e a cobrança pelo tratamento dos resíduos orgânicos. Além disso, podem ser oferecidos cursos de qualificação em biotecnologia.

Biodigestores para o tratamento de resíduos orgânicos urbanos chegam a empregar mais de 120 funcionários diretos com diferentes qualificações. Portanto, no aspecto social, os biodigestores podem gerar milhares de empregos.

No aspecto ambiental, é atualmente a melhor solução tecnológica sendo inclusive priorizado pelo governo brasileiro quando comparado com a compostagem como pode ser lido no “Guia para a Elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos” do Ministério do Meio Ambiente, conforme tabela 4.

Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012

Item comparativo	Incinerador	Compostagem	Biodigestor
Tipos de resíduos	Basicamente RSO secos	Em geral, porém precisa de uma composição específica (madeira, alimentos, palhas, ...)	Qualquer tipo
Geração de receita	Energia térmica e elétrica, taxa para o tratamento de resíduos	Adubo orgânico, taxa para o tratamento de resíduos	Biofertilizantes, energia térmica, elétrica, créditos de carbono, taxa para o tratamento de resíduos
Geração de emprego para Catadores	Não	sim	sim
Ambientalmente adequada	Até o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem sim, hoje não mais.	sim	Sim. A solução mais adequada segundo técnicos do MMA.
Investimentos necessário para uma cidade de 500 mil habitantes	Cerca de R\$ 700 milhões	Entre R\$ 1 e 30 milhões, dependendo da automação do processo.	Cerca de R\$ 20 milhões
Investimentos necessário para uma cidade de 50 mil habitantes	inviável	Até R\$ 1 milhão	Cerca de R\$ 3 milhões

Tabela 4 - Comparação entre três tecnologias que utilizam biomassa.

3.1.5 Biofertilizante

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa o interior do biodigestor sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. Este biofertilizante, aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste. É possível, logicamente, usar adubos químicos em lugar da matéria orgânica, mas estes não podem suprir as qualidades físicas e biológicas fornecidas por aquela (GUSMÃO, 2008).

Este excelente fertilizante é rico em nitrogênio e húmus, ótimo adubo para fins agrícolas, constituído de nitrogênio (1,4 a 1,8%), fosfato (1,1 a 2,0%) e Oxido de potássio (0,8 a 1,2%), após a secagem da pasta. A matéria orgânica, após digerida, adquire um aumento de nitrogênio e de outros nutrientes, devido à perda de carbono no processo, sob a forma de CH₄ (metano) e CO₂ (gás carbônico). A redução do fator C/N (carbono/nitrogênio) traz benefícios para a massa orgânica quando o produto final é para fins agrícolas (GUSMÃO, 2008).

É estabelecido que os resíduos orgânicos contêm elementos químicos que, ao serem adicionados ao solo, podem constituir nutrientes para o desenvolvimento de plantas. Tais nutrientes, após sua mineralização no solo, tem a mesma função nas plantas, que a dos fertilizantes químicos, ou seja, as plantas podem se desenvolver tanto utilizando os nutrientes que provém dos dejetos como do solo.

O excesso de adubação química causa mineralização do solo, ressecando-o, endurecendo-o e dificultando a entrada da água e do ar, o que provoca e facilita a ocorrência de erosão. Além disso, os sais, muito solúveis, destroem as bactérias que vivificam o solo, deixando-o indefeso, propenso a invasões por insetos, fungos, nematoides e vírus, entre outros, que causarão, certamente, danos as plantas. O agricultor lança mão, neste momento, do uso de defensivos agrícolas, os quais, além de poluírem o solo, eliminam os predadores naturais das pragas, criando a necessidade de novos defensivos serem aplicados, o que dá início a um ciclo vicioso, que só poder ser quebrado com a aplicação de grande quantidade de matéria orgânica.

Para qualquer sistema agrícola adubado com dejetos ser um sistema autossustentável, ou seja, que possa ser produtivo, lucrativo e repetido indefinidamente com isenção ou mínimos custos ambientais, é necessário que, por um lado, as quantidades retiradas sejam repostas por meio de adubações orgânicas ou químicas e, por outro, que as quantidades adicionadas não sejam maiores do que aquelas requeridas.

O emprego de biodigestores para a extração de biogás e posterior conversão em energia elétrica possui um grande potencial de crescimento. Ao empregar os dejetos como fonte de eletricidade, a propriedade deixa de lançar metano na atmosfera, o que gera créditos de carbono.

3.1.6 Mercado de Carbono

Ao longo das últimas décadas, a concentração de gases de efeito estufa vem aumentando por diversas causas, mas principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis. Como consequência, de acordo com cientistas, está ocorrendo um processo de aquecimento global, colocando em perigo o delicado balanço de temperatura que torna o nosso meio ambiente habitável (GUSMÃO, 2008).

O efeito estufa é um fenômeno natural e sua existência é fundamental para a existência de vida no planeta. A energia solar chega a Terra na forma de radiação de ondas curtas. Parte dessa radiação é refletida pela atmosfera, porém, a maior parte passa diretamente e é absorvida pela superfície terrestre, aquecendo-a. No longo prazo, a Terra deve irradiar energia para o espaço na mesma proporção em que a absorve do sol. A Terra irradia energia para o espaço, na forma de irradiação infravermelha de ondas longas. Os gases de efeito estufa tem a propriedade de reter parte dessa energia irradiada. É bom que esse processo seja mais lento e indireto, porque se a superfície terrestre pudesse irradiar energia livremente para o espaço, nosso planeta seria um lugar mais frio.

O problema é que as emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE), como o gás carbônico e metano, estão resultando no agravamento do efeito estufa, que ultrapassa as condições naturais. Esse aumento da capacidade da atmosfera de absorver irradiação infravermelha está perturbando a forma com que o clima mantém o equilíbrio entre a energia que entra e a que sai do planeta. (RM LINDEMEYER, 2015)

São várias as consequências do aquecimento global. Algumas delas já podem ser sentidas em diferentes partes do planeta como o aumento da intensidade de eventos de extremos climáticos (furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca ou deslizamentos de terra). Além disso, os cientistas hoje já observam o aumento do nível do mar por causa do derretimento das calotas polares e o aumento da temperatura média do planeta em 0,8° C desde a Revolução Industrial. Acima de 2° C, efeitos potencialmente catastróficos poderiam acontecer, comprometendo seriamente os esforços de desenvolvimento dos países. Em alguns casos, países

inteiros poderão ser engolidos pelo aumento do nível do mar e comunidades terão que migrar devido ao aumento das regiões áridas.

Reconhecendo a mudança do clima como uma preocupação comum da humanidade, governos do mundo inteiro se propuseram a elaborar uma estratégia global para proteger o sistema climático para gerações presente e futuras. Para isso foi criada a Convenção-Quadro da Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, sigla em inglês). Todos os anos os países membros discutem as questões mais importantes sobre mudanças climáticas.

A 3 Conferência das Partes, realizada entre 1 e 12 de dezembro de 1997, em Quioto no Japão, contou com a presença de representantes de mais de 160 países. Nessa conferência foi celebrado o Protocolo de Quioto, incluindo metas e prazos relativos a redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, exceto aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal. É o único tratado internacional que estipula reduções obrigatórias de emissões causadoras do efeito estufa. O documento foi ratificado por 168 países. Os Estados Unidos, maiores emissores mundiais, e a Austrália não fazem parte do Protocolo de Quioto (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011).

O Protocolo determina que os países desenvolvidos devem fixar suas metas para redução de gases de efeito estufa junto aos principais emissores dentro de seus territórios, de acordo com a meta que lhes foi atribuída pelo Protocolo e, posteriormente, distribuída pelo governo local por meio de seu plano nacional de alocação de emissões. Com a introdução do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), as empresas que não conseguirem (ou não desejarem) diminuir suas emissões poderão comprar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) em países em desenvolvimento (que tenham gerado projetos redutores de emissão de GEE) e usar esses certificados para cumprir suas obrigações, ainda que o uso desse mecanismo esteja limitado a uma parcela de seus compromissos de redução. Os países em desenvolvimento, por sua vez, devem utilizar o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável, além de se beneficiarem do ingresso de divisas por conta das vendas de RCE para os países desenvolvidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011).

Os projetos que se habilitam a condição de projeto de MDL devem cumprir uma série de procedimentos até receber a chancela da ONU (Organização das Nações Unidas), por intermédio do Conselho Executivo do MDL, instância máxima de avaliação de projetos de MDL. A figura 6 mostra as diferentes etapas que um projeto deve cumprir para receber os Crés no âmbito do MDL.

Fonte: MME, 2011

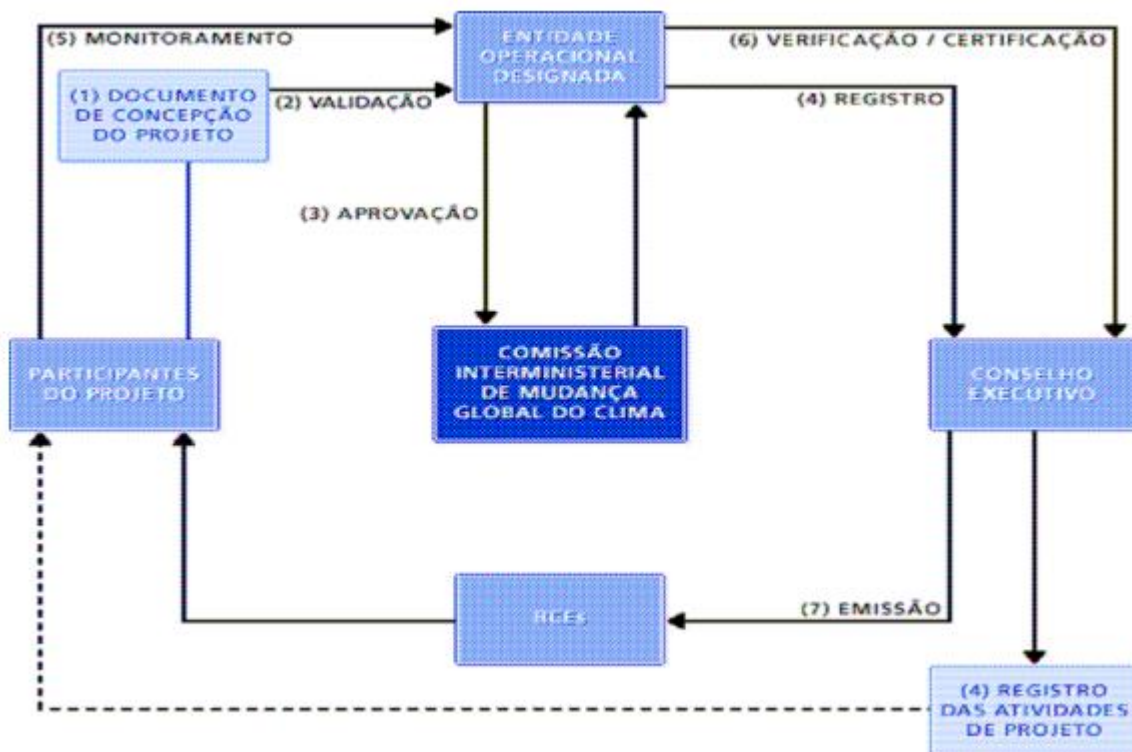


Figura 6 - Ciclo de aprovação de um projeto de MDL.

Antes de iniciar a elaboração de um projeto de MDL, seu proponente deve observar que, de acordo com as regras estabelecidas nas Conferências das Partes, a participação em um projeto de MDL deve ser voluntária, ou seja, não serão aceitos projetos induzidos ou desenvolvidos em decorrência de legislação governamental que retire a natureza espontânea do empreendimento.

Após passar por todas as etapas, e uma vez certificado o projeto, torna-se possível requerer ao Comitê Executivo a emissão das RCEs relativas a quantidade reduzida e/ou removida. Essas RCEs tem validade determinada e, conforme o caso podem ser renovadas.

A implantação do Banco de Projetos da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), lançado em meados de setembro de 2005, no âmbito do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) (iniciativa conjunta da BM&F e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)), objetiva desenvolver um sistema eficiente de negociação de certificados ambientais, e criar no Brasil as bases de um ativo mercado de créditos de carbono que venha a constituir referência para os participantes em todo o mundo. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011).

Atualmente o processo de comercialização dos RCEs se deve principalmente através das bolsas do Canadá, Reino Unido (Emission Trade Scheme), Holanda (European Climate Exchange), Noruega (Nord Pool), Alemanha (European Energy Exchange), União Europeia (Emission Trading System), Austrália (New South Wales Trade System) e EUA (Chicago Climate Exchange). (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2013).

A renda proporcionada pela comercialização de RCEs é mais um impulsor para adoção de biogás como fonte de eletricidade. Esta produção de energia elétrica no próprio local de consumo ensejou o desenvolvimento de uma metodologia operacional chamada geração distribuída.

3.1.7 Geração Distribuída

Geração Distribuída (GD) é quando a fonte de geração de energia elétrica se encontra em locais próximos ou juntos de consumidores, não interferindo a potência, tecnologia ou fonte de energia empregada.

É uma forma estratégica de se instalar pequenas unidades geradoras (de poucos kW até algumas dezenas de alguns MW) próximas aos consumidores. Essas unidades geradoras podem ou não estar ligadas a rede de distribuição, e tem como principais vantagens uma maior confiabilidade, um maior aproveitamento da energia gerada através da cogeração ou tri geração (produção simultânea de eletricidade, calor e frio), a redução de perdas no transporte dessa energia até o consumidor e o aproveitamento das diversas fontes de energia existentes no local de consumo (FS DE BONA, 2004).

Geração Distribuída não é uma novidade, já que há décadas há pequenos consumidores gerando sua própria energia. Mas agora, com a introdução da competição no mercado de energia, a Geração Distribuída deixou de ser somente uma alternativa energética para virar um empreendimento lucrativo e sustentável.

O desenvolvimento tecnológico de pequenas unidades de geração elétrica baseadas em fontes renováveis alternativas de energia com redução nos custos, a liberação do mercado de eletricidade, facilidade de financiamento, possibilidade de instalação junto aos mercados consumidores e menor tempo de implantação, são fatores que favorecem a expansão da geração distribuída, abrindo mercado para estas fontes (SNM DE SOUZA, 2004).

Do lado das distribuidoras, a Geração Distribuída pode trazer uma redução nos custos com a atualização da rede de distribuição, além de, bem planejada e operada, melhorar os aspectos ambientais e aumentar a confiabilidade (MA MARIN, 2004).

Os impactos positivos da Geração Distribuída são as reduções das perdas elétricas, os suportes de tensão, melhora no fator de potência dos alimentadores com a liberação de capacidade de atendimento, melhora na qualidade do suprimento de energia, e possibilidade de “ilhamento” para atendimento de carga local.

As concessionárias de distribuição de energia elétrica já estão se preocupando com a conexão de unidades geradoras a sua rede. Até o momento cada uma tem tomado suas próprias precauções, contudo há um anseio pela normatização da conexão e da operação de unidades de geração conectados à rede de distribuição, dado que estas não foram projetadas para operarem com geradores ligados a elas. Há evidentemente o perigo de ocorrerem problemas no sistema elétrico global de distribuição da concessionária que levem a intergrupais de atendimento dos consumidores comprometendo a qualidade da energia elétrica fornecida pela concessionária.

A Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) implantou um projeto piloto de geração distribuída na região Noroeste do Paraná, em parceria com a Itaipu Binacional. Uma unidade de criação de suínos usa o biogás como fonte de energia elétrica, e o excedente não consumido pela unidade é repassado para a rede de distribuição da COPEL.

Num cenário de crescente demanda por energia elétrica, o conceito de Geração Distribuída (GD) vem ganhando cada vez mais força, pois o permite a geração descentralizada próxima aos pontos de consumo. Um ponto forte está estritamente relacionado com o aproveitamento do potencial energético local, muitas vezes calcado em fontes renováveis, e menores perdas técnicas, pois a energia não precisa passar uma ampla rede de distribuição e transmissão.

O Brasil dispõe de todas as condições necessárias para implantar a geração distribuída: uma intensa atividade com animais estabulados; e domínio tecnológico dos processos de geração de gás com biodigestores, conversores de gás em energia e equipamentos de medição e controle. Só condições que permitem reverter a situação de produtores descapitalizados, até pelo mau uso que fazem da energia elétrica e pelo desperdício da energia da biomassa atual.

Os mesmos autores apontam a postura defensiva do setor elétrico em relação a metodologia como o principal empecilho para a maior disseminação deste conceito. Esta resistência está ligada ao fato do setor estar acostumado a receber energia de alta qualidade, padronizada e estável a partir de grandes hidrelétricas e termelétricas, e por isso recusa-se a aceitar a geração distribuída, feita de forma pulverizada e aparentemente de difícil controle.

A despeito dos fatos apresentados, a geração distribuída apresenta grande potencial de emprego na agricultura, especialmente na suinocultura, atividade notória tanto pela sua relevância econômica como pela quantidade de resíduos gerados nas suas operações.

3.1.8 Suinocultura em Santa Catarina

A suinocultura é a principal atividade em pequenas e médias propriedades rurais de Santa Catarina, respondendo por mais de 19% do PIB estadual. Com rebanho permanente de 5,5 milhões de cabeças, 17% do rebanho nacional, responde por mais de um terço dos abates totais, totalizando 7,8 milhões de cabeças e por 40% dos abates industriais. Situados em Santa Catarina, os cinco maiores conglomerados agroindustriais do país sustentam 60% dos abates e 70% dos negócios suinícolas. A dimensão social da suinocultura sobressai-se pelos 150.000 empregos que gera e pelas 500.000 pessoas que dependem dela diretamente (ACCS, 2008).

Dentre os vários segmentos do agronegócio, a suinocultura desponta como uma das mais promissoras para melhorar a entrada de dólares em nosso país, devido a sua boa competitividade internacional. O Brasil em relação aos maiores produtores mundiais (China, Estados Unidos, Comunidade Europeia) destaca-se por possuir um baixo custo de produção, devido a sólida produção de milho (terceiro maior produtor mundial) e soja (segundo produtor mundial), que podem ainda ser expandidas, pois o Brasil possui 18% da área agricultável e 8% da água doce disponível do planeta. Um dos fatores limitantes a expansão da produção de suínos é a sua capacidade poluente, pois um suíno defeca o equivalente a 2,5 pessoas. Por isso, países com mais área, disponibilidade de água e produção de grãos, possuem maior potencial de expansão. O Brasil possui atualmente 4,34 suínos/Km², enquanto a Comunidade Europeia tem 38,4 suínos/Km² (RM LINDEMEYER, 2008).

Com base no Levantamento Agropecuário Catarinense realizado pelo Instituto Cepa em 2005, o quadro a seguir foi elaborado com o intuito de sintetizar atual constituição da suinocultura. No campo “estratificação da produção”, não foram consideradas as granjas com menos de 100 animais. A classificação do tipo de produção é dividida em ciclo completo (CC), unidade produtor de leitões (UPL) e unidade de crescimento e terminação (UCT):

Fonte: UFSC, 2013

Plantel e número de suinocultores segundo ciclo produtivo – SC			
Tipo de Produção	Número de suinocultores	Plantel efetivo de animais	(%)
UPL – Produtor de leitões	3.793	1.464.949	40,49
UCT – Terminador	2.926	1.311.608	31,24
CC – Ciclo Completo	2.585	852.678	27,60
Produtor de Reprodutores	63	38.780	0,67
Total	9.367	-	100,00
Suinocultores com 5 ou mais matrizes segundo a condição do produtor-SC			
Condição do Produtor	Número de suinocultores	(%)	
Integrado da indústria	3.941	42,09	
Parceiro	1.928	20,59	
Produtor autônomo	2.430	25,95	
Integração Particular	1.065	11,37	
Total	9.364	100,00	
Estratificação do plantel de suínos em Santa Catarina – SC			
Estratificação da produção	Número efetivo de suínos	(%)	
101 a 500 animais	1.555.825	32,45	
501 a 1.000 animais	1.156.694	24,13	
Mais de 1.000 animais	1.643.747	34,29	
Total	4.356.266	90,87	

Tabela 5 - Dados da produção de Suínos no Estado de Santa Catarina.

Porém, a concentração espacial da atividade tem se constituído em elemento negativo no que se refere à disposição dos dejetos, o que causa comprometimento da água, saturação do solo e degradação da paisagem.

A atual expansão da suinocultura tem como principal característica a alta concentração de animais por área, visando atender o consumo interno e externo de carne, produtos e derivados. Observa-se, como consequência, generalizada poluição hídrica (alta carga orgânica e presença de coliformes fecais) proveniente dos dejetos, que somada aos problemas de resíduos domésticos e industriais, tem causado sérios problemas ambientais, como a destruição dos recursos naturais renováveis, especialmente água.

Estudos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) indicam uma produção anual de 18 milhões de metros cúbicos de dejetos suínos em Santa Catarina. No estado mais dinâmico do país na suinocultura, apenas 15% dos dejetos tem destino adequado. A outra parcela é lançada diretamente em rios, riachos e lagos ou no solo.

Ao contato com o meio hídrico, os materiais orgânicos retiram o oxigênio dissolvido inviabilizando as formas de vida aquática, sensíveis a falta deste elemento. Os materiais orgânicos contêm índices altos de Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio, e também alta carga de fertilizantes orgânicos, principalmente Nitrogênio e Fósforo, devido ao maciço uso desses produtos nas rações animais. Esses nutrientes orgânicos são transportados pela malha hídrica e, ao atingirem as águas, como as de um reservatório hidrelétrico, de abastecimento público, ou mesmo lagos naturais, passam a servir de substrato para o crescimento explosivo de algas de todos os tipos, inclusive cianofíceas tóxicas (RM LINDEMEYER, 2008).

Quando os materiais orgânicos se decompõem na ausência de oxigênio geram biogás, cuja composição média é Gás Carbônico (39%), Gás Metano (60%) e Gases Traço (1%), todos considerados gases do efeito estufa. É relevante o fato de que o metano (CH₄) é 21 vezes mais forte do que o gás Carbônico (CO₂) no efeito estufa, o que significa dizer que, a cada metro cúbico de Metano queimado, pode ser contabilizada a queima de 21 metros cúbicos equivalentes de CO₂ (RM LINDEMEYER, 2008).

Com base nas informações apresentadas, é possível afirmar que a suinocultura é de suma importância para a sociedade, pois além dos benefícios econômicos, a predominância de pequenas propriedades na produção favorece a preservação do equilíbrio social no campo. A mitigação dos impactos ambientais promovidos pela atividade deve ser encarada como prioridade pelos agentes do setor, pois a sustentabilidade ambiental é fundamental para a continuidade saudável do progresso dos produtores de suínos.

4 GERAÇÃO TERMELÉTRICA A BIOMASSA

Outro combustível utilizado nas usinas termelétricas é a biomassa, que é proveniente de fonte orgânica como esterco, carvão vegetal, lenha, óleo vegetal e, principalmente, bagaço de cana.

4.1 DOMÍNIO DA TECNOLOGIA

Existem três técnicas utilizadas para obtenção de energia elétrica a partir da biomassa: gaseificação, fermentação e combustão, sendo esta última o processo mais utilizado, no qual a queima da biomassa gera calor para movimentar uma turbina térmica, que gera energia elétrica. Para efeitos de comparação, será considerada uma usina termelétrica a biomassa que utiliza o processo de combustão, com o bagaço de cana como combustível, pois é o modo mais negociado nos leilões de energia (DA SILVA, 2015).

O Brasil tem larga experiência na produção de geradores e de turbinas de vapor a biomassa. Os fabricantes existentes no país têm condições de atender a maior parte da demanda potencial. Pode-se considerar a indústria nacional preparada para atender a demanda da energia elétrica proveniente da biomassa. (TOLMASQUIM, 2003)

4.2 INVESTIMENTO DA IMPLANTAÇÃO

Os três leilões mais recentes nos quais a fonte biomassa foi vendida foram o 20º, 21º e 22º LEN. A Tabela 6 mostra os valores investidos nesses leilões para a fonte em questão.

Fonte: DA SILVA, 2015

Leilão	22º LEN	21º LEN	20º LEN
	21/08/2015	30/04/2015	28/11/2014
Empreendimentos negociados	1	2	6
Potência total instalada (MW)	28,50	41,40	283,00
Investimento total (R\$)	70.000.000,00	266.095.200,00	469.427.100,00
Investimento médio (R\$/MW)	2.456.140,35	6.427.420,29	1.658.753,00

Tabela 6 - Investimentos nas termelétricas a biomassa (combustível bagaço de cana).

Nos últimos três Leilões de Energia Nova, o investimento médio por MW foi de R\$ 2,80 milhões. Para uma usina com capacidade de 30 MW, o investimento seria cerca de R\$ 84,00 milhões (DA SILVA, 2015).

4.3 PREÇO DO MWh

A Tabela 7 apresenta o preço do MWh negociado para fonte biomassa nos últimos leilões de energia.

Fonte: DA SILVA, 2015

Leilão	22º LEN 21/08/2015	21º LEN 30/04/2015	20º LEN 28/11/2014
Empreendimentos negociados	1	2	6
Menor preço (R\$/MWh)	210,73	272,00	197,00
Maior preço (R\$/MWh)	210,73	278,50	205,23
Preço médio (R\$/MW)	210,73	275,25	200,76

Tabela 7 - Preço do MWh das usinas termelétricas a biomassa.

O preço médio do MWh nos últimos leilões foi de R\$ 218,42.

4.4 FATOR DE CAPACIDADE

Ao contrário das termelétricas tradicionais, a biomassa não possui um controle tão grande da disponibilidade do combustível. O bagaço de cana é menos abundante nos períodos de entressafra. Isso faz com que a relação entre a energia gerada e a capacidade instalada de uma usina varie muito durante o ano.

Nas regiões onde se localizam as usinas, o período de chuva praticamente coincide com a entressafra, o que inviabiliza o desenvolvimento de tecnologias confiáveis para o armazenamento e tratamento do bagaço. O fato de a colheita se dar no período de poucas águas proporciona uma complementação entre a energia hídrica e o setor sucroalcooleiro. (DOS REIS, 2011)

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2014), no ano de 2014 o fator de capacidade médio foi de 25%. Entre os meses de março a maio, o valor foi menor do que 10%, mas em compensação entre agosto e dezembro, o fator de capacidade chegou próximo de 40%.

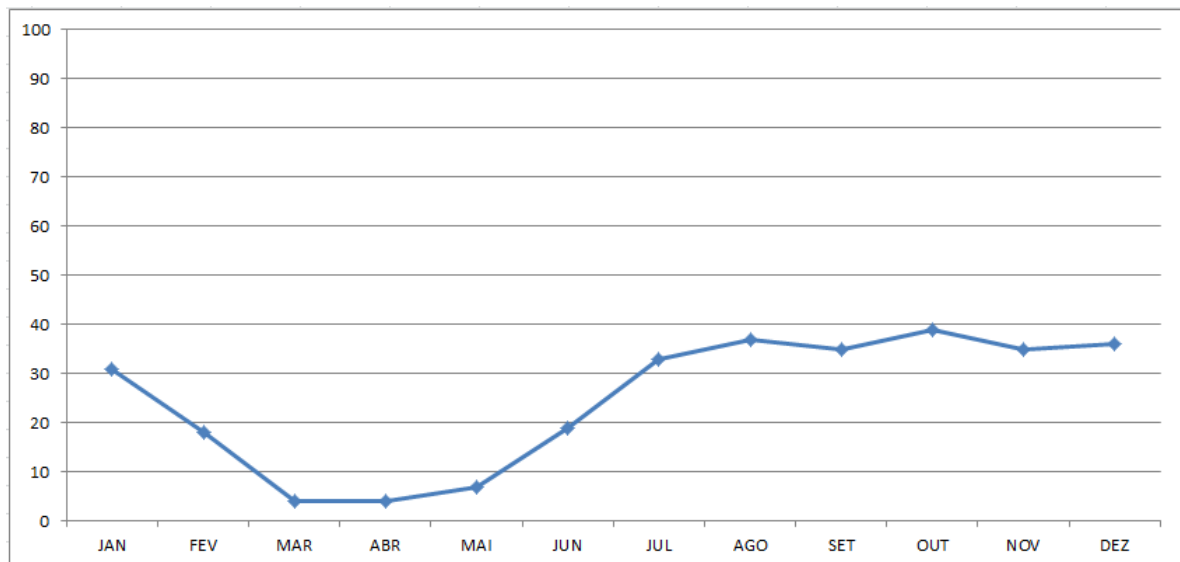


Gráfico 1 - Fator de capacidade das termelétricas a biomassa em 2014 (DA SILVA, 2015).

4.5 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Quando manejada adequadamente, a biomassa é uma fonte de energia renovável, e apresenta vantagens ambientais significativas em relação aos combustíveis fósseis. Não emite óxidos de nitrogênio e enxofre, e o CO₂ lançado na atmosfera durante a queima é absorvido na fotossíntese, portanto apresenta balanço zero de emissões. (DOS REIS, 2011)

O principal fator limitante é o seu alto custo comparado aos combustíveis fósseis. Contra seu uso existe o argumento debatido que é o fato desta concorrer com a produção de alimentos, tanto física quanto economicamente. (DOS REIS, 2011)

5. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

5.1 PLANEJAMENTO DE UMA PLANTA COM GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE UM BIODIGESTOR ANAERÓBIO

Segundo Ribeiro (2014), para que o processo de dimensionamento de uma planta de geração de energia elétrica a partir do biogás seja eficaz, primeiramente devem ser analisados os procedimentos básicos para a eficiência da planta, são os seguintes:

- Estimação da quantidade de dejetos;
- Análise e correção da qualidade dos dejetos;
- Escolha do biodigestor a ser implantado;
- Dimensionamento do biodigestor;
- Estimação da quantidade de biogás gerada;
- Análise da qualidade do biogás produzido;
- Tipo de conversão de energia a ser implantado;
- Estimação da quantidade de energia elétrica gerada;
- Análise do destino da energia elétrica produzida;
- Análise do destino do biofertilizante;

Será apresentado na figura 7, um fluxograma a fim de demonstrar o processo que deve ser seguido quanto ao interesse em planejar uma planta de geração de energia elétrica. Foram consideradas como variáveis todos os pontos que podem alterar o projeto ou o custo do mesmo.

Abaixo, o fluxograma para a implantação do sistema em uma criação de suínos.

Fonte: RIBEIRO, 2014

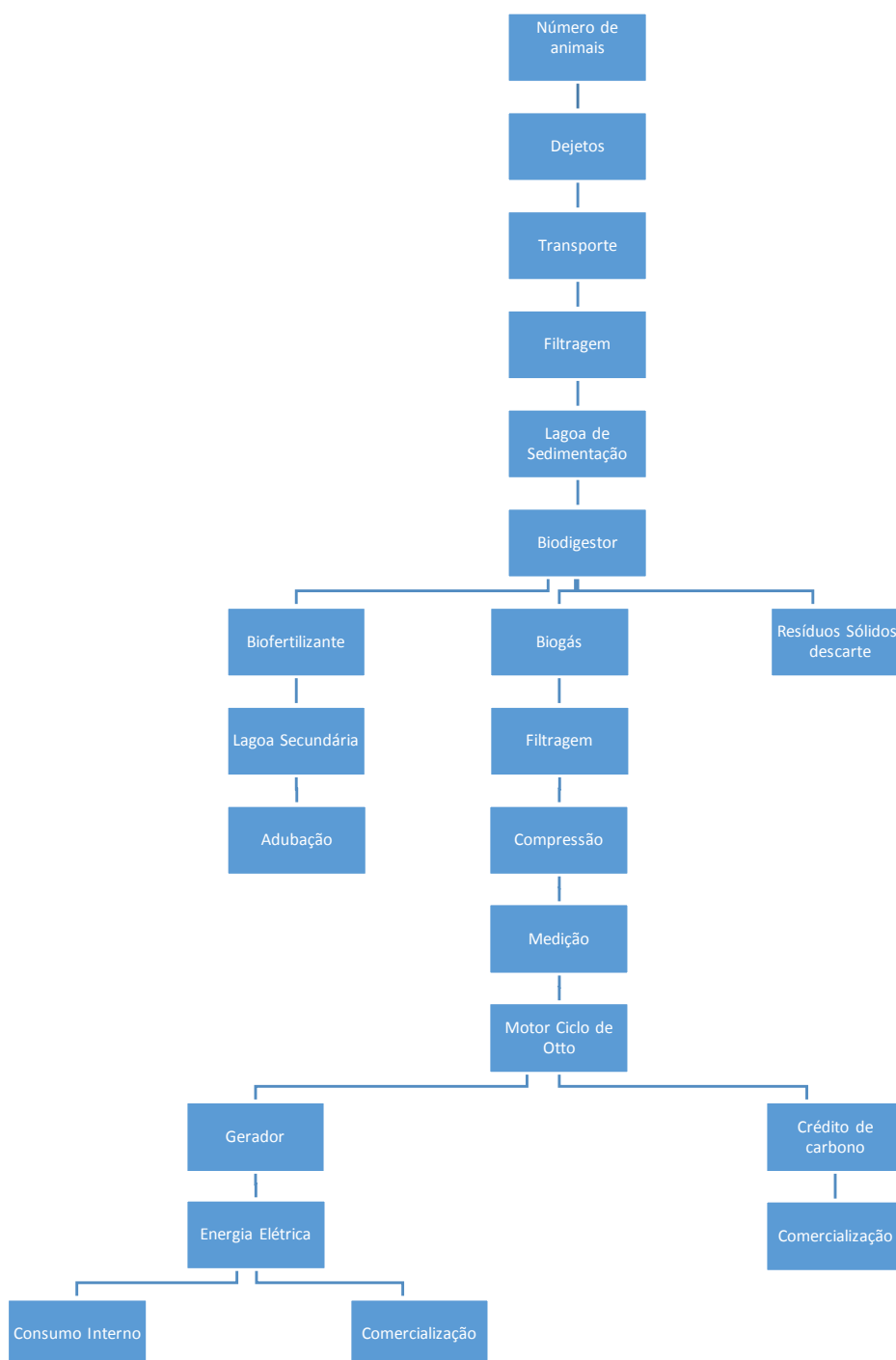


Figura 7 - Fluxograma de uma planta com geração de energia elétrica a partir do biogás.

5.1.1 Estimação da quantidade de dejetos

Em um sistema de biodigestor alimentado somente pelos resíduos de suínos, ao se estimar a quantidade de dejetos produzidos em um ano, deve-se analisar a quantidade de animais da granja, a mortalidade dos mesmos, tempo de confinamento

e também é necessária a informação relacionada a quantidade de dejetos gerados por cada animal em um dia conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**8 pré-definida pela Embrapa (RIBEIRO, 2014).

Fonte: OLIVEIRA, 1993; BIPERS EMBRAPA/EMATER RS, 1998

Tipos de Sistema de produção	Produção Diária de Dejetos (Litros/Dia)
Ciclo Completo (CC)	85,0
Unidade de Produção de Leitões (UPL)	45,0
Unidade de Crescimento e Terminação (UCT)	7,0

Tabela 8 - Produção diária de dejetos de suínos de acordo com o sistema de produção (litros/dia).

Dessa forma, temos a Equação (1) que relaciona as informações citadas acima com o objetivo de calcular um valor para a quantidade de dejetos produzida por ano:

$$D_{pa} = N_a * (1 - M_o) * D_{da} * N_{dc} * F_c \quad (1)$$

Para o ciclo de terminação encontra-se o número de dias de confinamento no ano através do número de dias de confinamento por lote e o número de lotes anuais.

$$N_{dc} = N_{dl} * L_a \quad (2)$$

Já para o sistema de produção de ciclo completo ou de produção de leitões usa-se 365 dias por ano.

Onde:

D_{pa} : Dejetos produzidos por ano (m^3)

N_a : Número de animais por lote

M_o : Mortalidade (%)

D_{da} : Dejetos produzidos por dia por animais (m^3)

N_{dc} : Número de dias de confinamento no ano (dias)

N_{dl} : Número de dias de alojamento por lote (dias)

L_a : Número de lotes anuais

F_c : Fator de correção para incertezas

5.1.2 Análise e correção da qualidade dos dejetos

Para que o empreendimento seja viável, devemos buscar a sua maior eficiência. Um dos maiores fatores contribuintes para a eficácia do processo é a qualidade dos dejetos, por isso deve-se analisar a composição dos mesmos buscando reduzir o impacto da matéria prima na geração do biogás (RIBEIRO, 2014). A análise pertinente a todos os pontos que buscam otimizar os resíduos será feita abaixo

Filtragem: Nos dejetos providos da granja estão presentes inúmeros tipos de materiais que podem prejudicar a produção de biogás. Para filtrar estes materiais indesejados é necessário realizar filtrações através de peneiras, sendo estas dimensionadas de acordo com a necessidade observada na análise dos dejetos. Também se faz necessário o uso de uma lagoa de sedimentação, a qual é dimensionada para que os dejetos providos da granja permaneçam na lagoa pelo período de um dia. Neste intervalo de tempo os resíduos de maior densidade como a areia, restos metálicos e o cimento devem sedimentar, evitando assim o seu acúmulo dentro do biodigestor.

Concentração: Outro fator a ser considerado é a diluição dos dejetos, através do desperdício de água utilizado na limpeza das baias dos animais, pelos vazamentos existentes nos bebedouros, entrada de água da chuva nos sistemas de manejo dos dejetos e no caso da suinocultura pelo uso de lamina d'água nos sistemas de produção.

O grau de diluição pode ser determinado pela observação da Matéria Seca (MS) ou Sólidos Totais (ST) presentes nos dejetos, sendo que os Sólidos Voláteis (SV), que são os substratos para as bactérias metanogênicas, representam entre 70% a 75% dos Sólidos Totais, para o caso dos dejetos dos suínos. Os SV são os responsáveis diretos pela produção de biogás (La Farge, 1995; CCE, 2000).

Fonte: SCHERER, 1996

Densidade (kg/m ³)	Matéria Seca MS – (%)	Ntot (kg/m ³)	P2O5 (kg/m ³)	K2O (kg/m ³)
1008	1,24	1,60	1,14	1,00
1012	2,14	2,21	1,75	1,25
1016	3,04	2,83	2,37	1,50
1020	3,93	3,44	2,99	1,75
1024	4,83	4,06	3,60	2,00
1028	5,73	4,67	4,22	2,25
1032	6,63	5,28	4,84	2,50
1040	8,42	6,51	6,07	3,00

Tabela 9 - Estimativa dos teores da MS, Ntot.P2O5 e K2O, nos dejetos de suínos.

5.1.3 Escolha do tipo de biodigestor a ser implantado

O objetivo foca na geração de energia. Com isso, necessita-se de um fornecimento diário de biogás. Dependendo da disponibilidade e no fluxo de dejetos gerados, escolhe-se o modelo e tipo de biodigestor que melhor case com a situação. Pela fonte, torna-se inviável a utilização dos modelos de biodigestores Indiano e Chinês pois estes tipos são indicados para um pequeno fluxo de dejetos e sua aplicação para um alto fluxo implicaria um custo de instalação inviável.

Dessa forma, em busca de maior eficiência combinada com a viabilidade financeira, o modelo Canadense se torna o mais apropriado para este tipo de aplicação, pelo seu custo de implantação e de manutenção, além de sua durabilidade.

5.1.4 Dimensionamento do biodigestor

Para dimensionamento do biodigestor, deve-se saber a área disponível para a implantação da planta. Julga-se necessário um grande espaço para a implantação da mesma.

Abaixo serão descritos os dimensionamentos das lagoas:

Lagoa de sedimentação: A lagoa de sedimentação deve reter os dejetos de um dia. Para o cálculo do volume da lagoa é utilizada a Fórmula 3:

$$V_{ls} = T_{rh} * D_{pa} / 365 \quad (3)$$

Onde:

V_{ls} : Volume da Lagoa de sedimentação (m³)

T_{rh} : Tempo de retenção hídrico da lagoa de sedimentação (dias)

Para este cálculo será desconsiderada a mortalidade dos animais, pois este não terá influência significativa no valor final.

Lagoa anaeróbia: Para o dimensionamento da lagoa anaeróbica deve-se levar em consideração o tempo de retenção hídrico que será utilizado na planta e o volume diário de dejetos gerados, portanto, segundo a Fórmula 4:

$$V_{bd} = T_{rh} * D_{pa} / 365 \quad (4)$$

Onde:

V_{bd} : Volume da lagoa anaeróbia do biodigestor (m³)

A lagoa anaeróbica do biodigestor não deve ser muito profunda, pois quanto maior a área de exposição ao sol maior será a energia térmica absorvida e, portanto maior o aquecimento da lagoa, aumentando assim sua capacidade produtiva.

Lagoa secundária: O dimensionamento leva em conta os mesmos fatores utilizados para o dimensionamento da lagoa anaeróbica, portanto:

$$V_{lse} = T_{rh} * D_{pa} / 365 \quad (5)$$

Onde:

V_{lse} : Volume da lagoa secundária (m³)

5.1.5 Estimação da quantidade de biogás gerada

A maioria dos biodigestores implantados no Brasil é do Modelo Canadense. A produção de biogás a partir deste modelo pode ser estimada em função da alimentação diária de Sólidos Voláteis (SV), como a planta terá destinação exclusiva para resíduos de suínos, a produção de biogás será específica e de 0,45 m³/kg de SV, para temperaturas da biomassa variando entre 30°C e 35°C (La Farge, 1995; CCE, 2000).

Segundo os estudos e análises realizadas por Oliveira (Oliveira, 2005) na área de construções rurais/engenharia de meio ambiente, o biodigestor tem sua maior produção com um tempo de retenção hídrica (TRH) de 22 dias, uma temperatura de operação de 35 C^o e uma concentração de 55 a 65 kg de sólidos voláteis por m³ de dejetos afluentes no biodigestor – algumas formulações por este autor estabelecem relações entre os principais variáveis e parâmetros envolvidos, entre as quais:

$$\begin{aligned} V_{bg} &= V_{sv} * B_{sv} \\ V_{sv} &= D_{pd} * V_{st} * P_{sv} \\ D_{pd} &= \frac{D_{pa}}{365} \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

V_{sv} : Sólidos voláteis presentes nos dejetos (kg)

D_{pd} : Dejetos produzidos diariamente (m³)

V_{st} : Sólidos totais presentes nos dejetos (kg/m³)

P_{sv} : Porcentagem de sólidos voláteis presentes nos sólidos totais (%)

B_{sv} : Biogás gerado por kg de Sólidos voláteis (m³/kg)

5.1.6 Análise da qualidade do biogás

A análise do biogás gerado pelo biodigestor é de fundamental importância para a possível geração de energia utilizando, este como fonte de energia, a partir desta análise será possível à avaliação da necessidade de filtragem do gás (RIBEIRO, 2014).

5.1.7 Tipo de conversão de energia a ser implantada

Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética do biogás. Entende-se por conversão energética o processo que transforma um tipo de energia em outro. No caso do biogás a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. (COELHO, p. 2)

Essa energia mecânica ativa um gerador que a converte em energia elétrica. Há de se mencionar, também, o uso da queima direta do biogás em caldeiras para cogeração e do surgimento de tecnologias remanescentes, porém não comerciais atualmente, como a da célula combustível. As turbinas a gás e os motores de combustão interna do tipo "Ciclo - Otto" ainda são as tecnologias mais utilizadas para esse tipo de conversão energética. (COELHO, p. 3)

A conversão de energia deve ser analisada a cada caso, sendo que esta normalmente será pelo ciclo de Otto, utilizando motores "ottolizados" ou motores a gasolina convertidos para biogás (RIBEIRO, 2014).

5.1.8 Estimação da quantidade de energia elétrica a ser gerada

A estimativa de energia elétrica produzida pela planta deve ser estimada para que seja realizado o estudo de viabilidade econômica da planta, esta estimativa pode ser feita de várias formas, dentre elas estão a estimativa pela conversão de energia e a estimativa pelo rendimento do grupo motor gerador.

a) Estimativa por rendimento do grupo motor gerador

$$P_{ge} = R_{ed} * V_{bg} * F_c \quad (7)$$

Onde:

P_{ge} : Potencial de geração de energia elétrica gerada no ano (kWh)

R_{ed} : Rendimento do grupo gerador (kWh/m³ de biogás)

b) Estimativa por conversão de energia

$$P_{ge} = V_{bg} * P_{cb} * R_{mt} * R_{ge} * F_c / C_{kw} \quad (8)$$

Onde:

P_{cb} : Poder calorífico do biogás (kcal)

R_{mt} : Rendimento do motor (%)

R_{ge} : Rendimento do gerador (%)

C_{kw} : Conversão de kcal para kWh

5.1.9 Análise dos produtos gerados pela planta

A planta terá como produtos que poderão gerar renda a Energia Elétrica, o biofertilizante e também há a possibilidade da renda a partir dos créditos de reduções de emissões de carbono. Abaixo serão abordadas as possibilidades para cada um dos produtos da planta.

5.1.10 Destinação da Energia Elétrica

O destino dado à energia elétrica produzida pela planta é determinante, pois através deste dado que será feita a avaliação precisa de receitas, economia e despesas fornecidas pela planta.

Para as plantas que tem como o objetivo de venda de energia elétrica para a concessionária de energia elétrica, será necessária a instalação de equipamentos de proteção e sincronismo entre a rede da concessionária e o grupo gerador, o que pode elevar o custo da planta a um patamar que torne a mesma inviável economicamente. Desta forma torna-se o consumo interno a melhor opção para a energia elétrica gerada, visto que além do custo deste equipamento temos também a diferença entre o valor da compra e venda da energia elétrica, o qual irá influenciar nos cálculos de viabilidade (RIBEIRO, 2014).

5.1.11 Destinação do biofertilizante

O biofertilizante gerado pelo biodigestor pode ser utilizado para a adubação da própria propriedade na produção de grãos e gramíneas possibilitando o aumento de produção de outro empreendimento. Também pode ser utilizado, após desidratado, para dar volume à composição de rações animais.

5.1.12 Possibilidade de Renda com Créditos de Reduções de Emissões

No tratamento anaeróbio há um potencial de emissão de gases de efeito estufa, causados principalmente pela geração de gás metano. Como determinado pelo protocolo de Kyoto, cada tonelada de gás carbônico deixada de ser emitida, ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para redução das emissões globais. Os países desenvolvidos ao estabelecerem cotas em seus territórios para redução de dióxido de carbono impulsionarão as empresas a escolherem entre adotar ações próprias de redução/resgate de emissões ou comprar RCEs no mercado internacional, usando-os para cumprir suas obrigações. Os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), também criado pelo protocolo de Kyoto, somente estarão aptos a fornecerem Certificados de Emissão Reduzida, se a redução for efetivamente certificada por órgãos competentes, o que significa que os projetos de MDL deverão ser submetidos a um processo de aferição e verificação de critérios técnicos rigorosos por meio de procedimentos estabelecidos na COP-7 (Conferência Internacional das Partes nº 7).

Explicativo das fases do projeto de validação do RCE e prazo médio de execução (Lopes, 2009):

- 1 – Elaboração da metodologia
- 2 – Aprovação da metodologia
- 3 – Elaboração do documento de concepção de projeto (PDD)
- 4 – Comentários das partes interessadas
- 5 – Aprovação pela autoridade nacional designada
- 6 – Validação do projeto
- 7 – Registro do projeto
- 8 – Monitoramento do projeto
- 9 – Verificação e certificação

Após a execução dos passos apresentados acima é possível a obtenção de uma nova receita, através da comercialização das reduções de emissões.

5.2 AVALIAÇÃO DOS RISCOS DO PROJETO

Ao construir uma planta, ou criar um procedimento, riscos são criados. A geração de energia elétrica a partir do biogás também traz consigo alguns riscos, sendo estes citados abaixo:

- Operação e manutenção dos equipamentos de forma inadequada, levando ao sucateamento de forma acelerada;
- Preços de equipamentos incompatíveis com os orçamentos dos projetos;
- Licenciamento ambiental para instalação e operação do biodigestor, gasodutos e central geradora a biogás;
- Preços de equipamentos incompatíveis com os orçamentos dos projetos;
- Recursos financeiros não suficientes para o desenvolvimento global do projeto;
- Materiais, equipamentos e acessórios indisponíveis no mercado.

5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

5.3.1 Premissas econômicas

Como em todo empreendimento, é necessária a análise prévia dos investimentos necessários. Com a ajuda da Engenharia Econômica, podemos conhecer técnicas especiais para a análise de investimentos. Alguns conceitos utilizados na matemática financeira serão abordados neste tópico, para que uma análise de viabilidade econômica para a implantação de plantas de geração de energia elétrica a partir de resíduos de suínos (RIBEIRO, 2014).

5.3.2 Fluxo de Caixa

A base de todas as técnicas de análise de investimentos é o fluxo de caixa. O fluxo de caixa se trata de uma representação gráfica de entradas e saídas de recursos monetários ao longo de um determinado período, ou seja, uma demonstração visual de receitas e despesas distribuídas pela linha do tempo futuro (MADEIRA, 2008).

O fluxo de caixa tem grande importância, pois facilita aos administradores tomarem decisões importantes de investimentos com base em uma visão futura dos recursos financeiros de uma empresa (MADEIRA, 2008).

5.3.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

É um custo de oportunidade de capital, que varia de investidor para investidor, representado sob a forma de taxa de juros onde se pode considerar um investimento atrativo quando este, no mínimo, render o equivalente a esta taxa de juros (PAMPLONA, 2006).

5.3.4 Valor Presente Líquido (VPL)

É um método de análise de investimentos onde se compara na data de início do projeto, todas as receitas e despesas esperadas e projetadas no fluxo de caixa utilizando a taxa mínima de atratividade imposta pelo investidor (PAMPLONA, 2006).

Um investimento é considerado economicamente atrativo neste método quando o valor presente líquido for positivo, significando assim que o valor presente nas entradas de caixa é maior que o valor presente nas saídas de caixa. Quanto maior for o valor presente, mais atrativo é considerado o investimento.

5.3.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa de juros onde o valor presente de todos os fluxos de entrada é igual ao valor presente de todos os fluxos de saída, ou seja, a TIR é a taxa que torna nulo o VPL de um investimento. A taxa interna de retorno deve ser comparada a taxa mínima de atratividade para verificar a rentabilidade do investimento. Para que um investimento seja considerado atrativo neste método é preciso que a TIR seja maior que a TMA (PAMPLONA, 2006, 2005).

5.3.6 Payback

Payback ou método do tempo de recuperação do investimento é o método mais simples e popular para análise de um investimento. Este método consiste simplesmente em quantificar, através do fluxo de caixa, o período necessário para recuperar o investimento feito inicialmente, ou seja, o momento em que o lucro líquido alcançado ao longo do tempo determinado se torna igual ao investimento inicial (PAMPLONA, 2006).

5.3.7 Definições de Indicadores de Viabilidade Econômica

Taxa Mínima de Atratividade (TMA): valor mínimo que a rentabilidade de um dado empreendimento deve alcançar para que este projeto seja viável do ponto de vista do empreendedor. Projetos que apresentem indicadores de viabilidade positivos, mas que não forneçam esta taxa mínima de retorno não são considerados aplicações interessantes.

Valor Presente dado um Valor Futuro (VP) (OLIVEIRA, 2005):

$$VP = \frac{F}{(1+r)^n} \quad (9)$$

Onde:

F : valor futuro;

r : taxa de juros;

n : período.

Valor Presente Líquido (VPL): valor que o balanço de um projeto teria se todos seus custos e benefícios fossem trazidos para o momento inicial, ou seja, se fosse calculado o valor presente de cada uma das parcelas que compõem o fluxo de caixa deste projeto ao longo de sua vida útil. Podemos equacionar o VPL da seguinte maneira:

$$VPL = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^n} \quad (10)$$

Onde:

C_0 : montante a ser aplicado na data zero;

C_i : fluxo de caixa na data i ;

n : n° de período em anos.

É feita a suposição de que o fluxo de caixa inicial, C_0 , representado na figura 8, é negativo, porque representa um investimento (ROSS, 1995).

Fonte: Ross, 1995

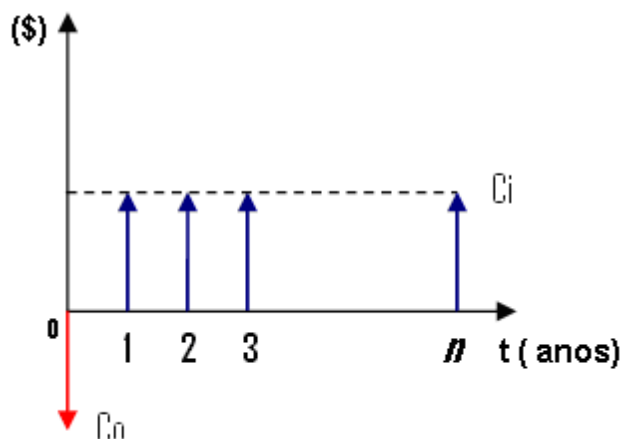


Figura 8 - Representação do VPL.

Taxa Interna de Retorno (TIR): é a taxa intrínseca de juros que teoricamente tornaria nulo o valor presente líquido de um dado investimento. Esse indicador é comparado à taxa mínima de atratividade para determinar a viabilidade do projeto.

$$0 = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (11)$$

Tempo de Retorno (TR): é o valor que expressa em quanto tempo ter-se-ia de volta o valor investido no projeto. Pode ser descontado, quando se considera a taxa de juros, ou não-descontado, quando não considera o efeito da taxa de juros. O método não-descontado, apesar de possuir uma série de restrições à sua utilização, é um dos métodos mais difundidos.

$$TR = \frac{CIVT}{BEN} \quad (12)$$

Onde:

TR: tempo de retorno simples;

CIVT: custo de investimento;

BEN: benefício.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Considerando a disponibilidade de matéria prima para a geração de energia, prova-se a viabilidade, tanto técnica como financeira, para a implantação de biodigestores para a geração de energia elétrica a partir dos resíduos de suínos.

Quando conhecidos os conceitos e os processos para o funcionamento da planta, é possível a realização de um projeto eficiente e de menor custo.

6. EXEMPLOS DE BIODIGESTORES

O conceito de biodigestores já é realidade em alguns locais do país e do mundo, sendo a principal atividade comercial e industrial de pequenas e médias comunidades. A seguir, será demonstrado alguns exemplos.

6.1 BIODIGESTORES URBANOS NO BRASIL

USINA DE BIOGÁS PROVENIENTE DE ATERRO – ITAJAÍ

Começou a operar em Itajaí, no Vale Catarinense, a primeira usina do país de geração de energia produzida a partir do biogás do aterro sanitário da Canhanduba, onde são depositadas cerca de 300 toneladas diárias de resíduos. O biocombustível é resultado da decomposição do lixo orgânico.



Figura 9 - Usina de biogás proveniente de aterro em Itajaí.

O gás captado - metano - no aterro fica armazenado em tubulações onde segue para a usina, passa por processos até chegar à geração de energia elétrica. A capacidade inicial de geração é de um megawatt hora, suficiente para abastecer cerca de 3.500 residências. O aterro sanitário que viabiliza o processo é considerado de médio porte.

Todo esse metano que está sendo processado na usina, antes, iria parar na atmosfera. Ele passava por um processo de queima simples, mas acabava, boa parte, indo para a atmosfera auxiliando no efeito estufa. O objetivo é colocar mais geradores para aumentar a capacidade de produção.

Este empreendimento é o primeiro do país para aterros de médio porte. Antes, as usinas eram feitas em grandes aterros que recebiam mais de três mil toneladas de lixo por dia e geravam mais de 20 megawatts. Neste caso, tem a capacidade máxima de 1 megawatts, mas com projeto para alcance de 4 MW.

USINA TERMOELÉTRICA BANDEIRANTES – SÃO PAULO

O Aterro Sanitário Bandeirantes, um dos maiores do mundo, recebeu a média de 7 mil toneladas de resíduos por dia, produzidos pela cidade de São Paulo. Operando desde 1976 e encerrado em março de 2007, o aterro armazenou um total de 30 milhões de toneladas de lixo.

O biogás do aterro (50% metano) gerado pela decomposição dos resíduos, oferece grande potencial para ser utilizado na produção de energia elétrica. As atividades da Biogás Energia Ambiental S/A envolvem a captação e direcionamento do biogás a moto-geradores de até 12.000 m³/h de biogás, com um conteúdo mínimo de 50% de metano, durante 24h/dia em 365 dias/ano.

Para produzir essa quantidade de gás foram instalados pela Biogás 43 Km de tubos de polietileno (PEAD) conectados a 250 drenos verticais, além dos equipamentos necessários para a sucção, secagem e queima do gás excedente.

Fonte: Biogás Energia Ambiental, 2010



Figura 10 - Casa de máquinas

O biogás assim produzido e beneficiado é usado para acionar 24 conjuntos moto-geradores de 925 KW/conjunto, o que corresponde a uma potência líquida de 20.000 KW, energia suficiente para abastecer cerca de 400.000 habitantes. A usina é conectada a quatro alimentadores em 13.2 KW da Eletropaulo, através de uma Estação de Chaveamento, operada pela própria concessionária.

A “geração distribuída”, (geração junto à carga) proporciona grandes benefícios ao sistema elétrico, em termos de redução de custos de transmissão e distribuição, diminuição de perdas elétricas e melhoria da qualidade de serviço.

Essa quantidade de biogás captado resulta em uma potência elétrica de 20 MW, gerando até 170.000 MWh por mês de energia elétrica, suficiente para abastecer uma cidade de 400 mil habitantes, durante 10 anos. É a maior utilização de biogás para a produção de energia elétrica no mundo.

Fonte: Bigás Energia Ambiental, 2010

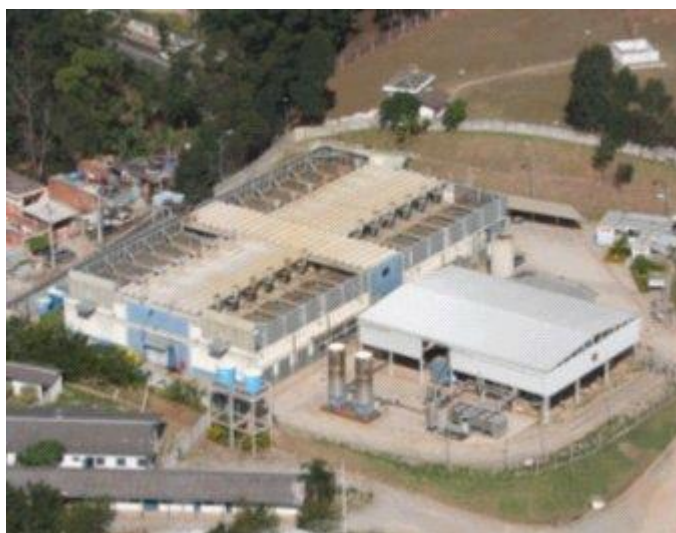


Figura 11 - Complexo Bandeirantes

6.2 Maior Biodigestor do Mundo

O projeto BioEnergie Park Güstrow na Alemanha produz biogás com qualidade de gás natural a partir de Recursos Naturais Renováveis e tem um potencial térmico de 50 kWh sendo hoje (2014) o maior biodigestor do mundo.

Em sua arquitetura, demonstrada na figura 12, pode-se perceber 5 centrais no formato de trevos que, segundo o fabricante, produzem mais de 46 milhões de metros cúbicos de biogás com qualidade equiparável ao gás natural por ano, que são devidamente direcionadas à rede de distribuição de gás natural em toda a Alemanha.

Com isso, o projeto é capaz de suprir a demanda térmica de mais de 50.000 casas a partir de uma produção de energia ecologicamente neutra e descentralizada (MACHADO, 2014).

Fonte: Portal Resíduos Sólidos.



Figura 12 - bioEnergie Park Güstrow, o maior biodigestor do mundo na atualidade.

Com um total de 20 fermentadores, cada um com um volume de 5.000 m³ a produção anual de biogás é de mais de 46 milhões de m³. Os resíduos são devidamente tratados com a tecnologia implantada, resultando em 85.000 t de fertilizante prensado e 90.000 t de fertilizante líquido que são reutilizados por agricultores da região para a plantação de mais recursos naturais renováveis (MACHADO, 2014).



Figura 13 - Fluxograma de massa do projeto bioEnergie Park Güstrow.

A matéria prima utilizada como substrato é comprada dos mais de 100 agricultores ao preço de mercado gerando emprego e renda na região e garantindo a viabilidade econômica do agronegócio local.

O projeto completo ocupa uma área de 50 hectares e emprega 50 pessoas devidamente qualificadas diretamente além de todas as pessoas que trabalham com a agricultura na região.

7. LEGISLAÇÕES E INCENTIVOS

7.1 INCENTIVOS LEGAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES NO BRASIL

A Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira, Lei nº 12.305 de 2010 junto com o decreto 7.404 de 2010, estimulam a implantação de biodigestores no Brasil e fortalece os argumentos de incentivos para a implementação de projetos de biodigestão de resíduos sólidos orgânicos urbanos. Conhecer exatamente esse estímulo significa ter argumentos para defender esses projetos para a gestão pública, como forma mais adequada de tratamento de resíduos.

Os incentivos legais para a construção de biodigestores no Brasil começa com a Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira, que estabelece uma ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos como mostrado abaixo:

Lei 12.305/2010 Art. 9º – *Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.*

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.

A aplicação do conceito de não geração e redução de resíduos pode também ser aplicado aos resíduos orgânicos, contudo, em muitos casos haverá uma grande quantidade de resíduos gerados. Seguindo a ordem de prioridade da Lei 12.305/2010, temos a reutilização e reciclagem de resíduos que não podem ser aplicadas aos resíduos orgânicos.

O tratamento de resíduos orgânicos acontece em função do tipo de resíduo a ser tratado. Normalmente resíduos orgânicos de cadeia molecular grande como

madeira, recebe um tratamento diferente de resíduos orgânicos com cadeia molecular mais curta como é o caso de frutas, legumes, resíduos agrícolas, dejetos de animais, etc. Para o segundo caso, podemos citar a compostagem e a biodigestão como alternativas viáveis.

Em relação a biodigestão, apesar de existirem técnicas modernas de compostagem, esta possui uma capacidade limitada de processamento e em muitos casos o empreendedor não consegue viabilizar o projeto somente com a venda dos produtos gerados, o composto orgânico. Nestes casos, o projeto é viabilizado quando o empreendimento também gera receita pelo fato de processar o resíduo, como se faz com aterro sanitário. Em alguns aterros sanitário no Brasil, o empreendedor recebe mais de R\$ 150 por tonelada recebida (MACHADO, 2014).

O processamento de resíduos orgânicos em biodigestores resulta em biogás, que é composto por metano, gás carbônico e chorume. O metano é comercializado como matéria prima para a geração de energia e o gás carbônico vendido para diferentes indústrias, como as de refrigerantes por exemplo. O chorume pode receber um tratamento simples e ser transformado em biofertilizantes, com grande aceitação no mercado. Com isso, as chances de lucratividade em projetos de biodigestores é relativamente grande e pode ser “garantida” com a elaboração de um Plano de Negócio.

Desta forma, existe uma tendência de se realizar o tratamento de resíduos orgânicos com biodigestores no Brasil. O próprio Ministério do Meio ambiente brasileiro (MMA), através de seu Guia para a elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos (pag. 252) como mostrado abaixo:

O Plano de Gestão deve analisar cuidadosamente as soluções de transporte de resíduos em geral (reduzindo a emissão de CO₂ neste quesito) e as soluções de destinação dos resíduos com forte carga orgânica, como os resíduos urbanos úmidos e os agrosilvopastoris (reduzindo a emissão de metano). Algumas novas tecnologias podem ser consideradas para a destinação dos resíduos, respeitando-se as prioridades definidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu Art. 9º, em uma ordem de precedência que deixou de ser voluntária e passou a ser obrigatória.

A biodigestão é uma tecnologia limpa, já com uso significativo no tratamento do esgoto urbano no Brasil e uso crescente no tratamento de resíduos sólidos de criadouros intensivos, principalmente de suínos e bovinos. Pode ser utilizada como alternativa de destinação de resíduos sólidos e redução de suas emissões prejudiciais. O Decreto 7.404, regulamentador da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabeleceu que, para esta nova tecnologia, não será necessário aguardar regulamentação específica dos ministérios envolvidos.

Enquanto ações para a mitigação de GEE, no planejamento deverão ser consideradas, pelo Comitê Diretor e Grupo de Sustentação, soluções para:

- Redução do transporte mecanizado de todos os tipos de resíduos, visando redução de emissões;
- Captação dos gases resultantes da decomposição dos resíduos úmidos, nos aterros sanitários existentes (prazo de geração de gases estimado entre 16 e 50 anos);
- Captação dos gases provenientes da decomposição acelerada dos resíduos úmidos urbanos e rurais, por meio de biodigestores (prazo de geração de gases estimado em algumas semanas);
- Disposição de resíduos da coleta convencional em aterro sanitário exclusivamente quando já estabilizados por meio da biodigestão;
- Maximização dos processos de compostagem, antecedendo-os de biodigestão sempre que possível;
- Aproveitamento energético (geração de energia elétrica, vapor etc.) dos gases produzidos na biodigestão de resíduos úmidos urbanos e rurais.

As ações para mitigação das emissões de gases são extremamente necessárias para a minimização dos impactos no clima, que já são bastante detectáveis. Os municípios, desta forma, compartilharão com a União os esforços para a efetivação dos compromissos internacionais já assumidos.

Por outro lado, o Brasil por ser um grande produtor de alimentos, tem uma demanda continuamente crescente por fertilizantes. A cada ano novos recordes de

importação desses produtos são registrados. Em 2007, o Brasil era o quarto maior consumidor do mundo. A implantação de biodigestores no Brasil pode mudar esse cenário.

7.2 Posição do Brasil no Ranking Mundial de Fertilizantes

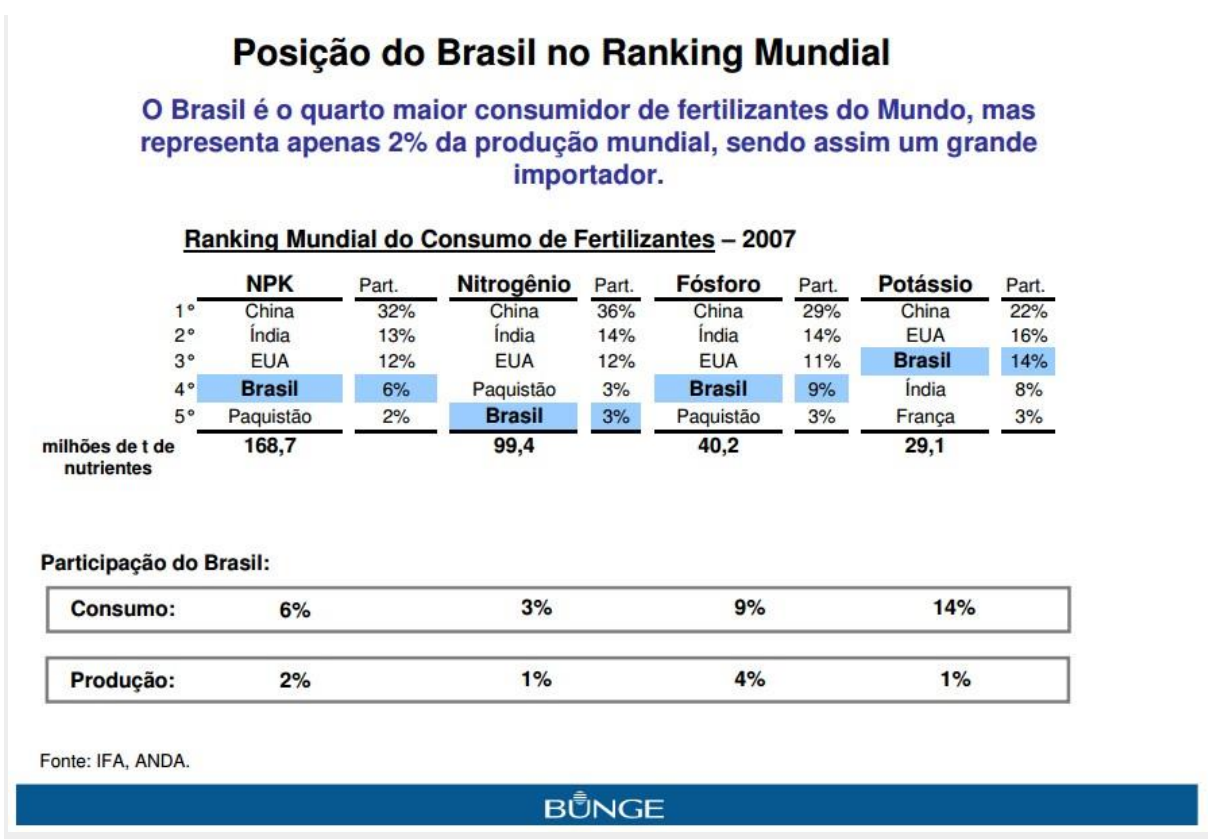


Figura 14 - Ranking de fertilizantes do mundo

O Guia do MMA mostra que os biodigestores estão sendo vistos no Brasil como uma tecnologia capaz de fazer o tratamento adequado de resíduos orgânicos, diminuir a necessidade de importação do Brasil de biofertilizantes, contribuir enormemente na diversificação da matriz energética brasileira e contribuir significativamente para a saúde pública e ambiental do país, além de gerar emprego e incentivar o desenvolvimento de biotecnologias no país.

Aliando o grande potencial do Brasil no setor de biogás com os inúmeros incentivos legais registrado nas legislação das três esferas de governo, a tendência é o boom de um mercado que vem pra ficar e uma demanda incrível por profissionais qualificados.

Apesar de demorar mais do que o necessário, os efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira já demonstra para que veio. Ao seguir as determinações da Lei 12.305/2010 e deixar claro que a prefeitura não mais fará a coleta e destinação final dos resíduos de empresas que geram grandes quantidades, o país abre as portas para o desenvolvimento sustentável na sua forma mais adequada. Com isso, os Biodigestores Urbanos no Brasil prometem movimentar, a partir de agora, a nova onda de empreendimentos pelo país.

Cidades como Salvador, São Paulo e Rio de Janeiro já adotaram as medidas e limitam a coleta de resíduos sólidos de empresas. Em Salvador, empresas que geram mais de 300 litros por dia são obrigadas a dar destinação final ambientalmente adequada dos seus resíduos. Em São Paulo e Rio de Janeiro, a legislação é mais dura e atinge empresas que gerem 200 e 150 l/d respectivamente.

Até agora, como a prefeitura era responsável pela coleta, era necessário publicar licitação pública para contratar uma empresa privada para fazer o serviço na cidade. Com a adaptação a Lei Federal isso tende a acabar já que as empresas não precisam do processo licitatório e podem contratar conforme o seu critério deixando para as prefeituras somente os resíduos domésticos e de limpeza urbana.

Assim como na Europa, a tendência a partir de agora é essas empresas se unirem em busca de uma solução rápida e economicamente viável. A solução encontrada na Alemanha é a criação de uma empresa especializada que se responsabilize pela coleta e destinação dos resíduos, o que fatalmente se concretiza com a implantação de biodigestores urbanos como o da cidade de Marl que emprega cerca de 120 funcionários diretamente e trata os resíduos urbanos de feiras, restaurantes, mercados, entre outros de cidades em um raio de 150 km.

Os resíduos sólidos urbanos orgânicos tem a característica de possuírem impurezas como plásticos, madeira e embalagens em geral. Em alguns casos, esses resíduos podem estar extremamente misturado com todos os outros tipos de resíduos da cidade. Se faz necessário, além da triagem que pode ser feita por catadores, também uma separação automática para eliminar partículas de resíduos a partir de 2 mm, mantendo a pureza necessária para que o processo tecnológico funcione

corretamente e promova a viabilidade econômica do projeto. Na Alemanha, o custo específico de Biodigestores Urbanos tendem a ser bem mais alto do que o de biodigestores rurais, onde os resíduos chegam puros.

Para viabilizar tais investimentos é necessário ter condições legais e financeiras no município como a própria existência de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, conforme as exigências da Lei 12.305/2010 que deixe claro como o Município pretende tratar seus resíduos. A existência do PMGIRS demonstra que a gestão pública local leva o tema a sério e serve de base de pesquisa para investidores dessa área, que buscam solidez e transparência no empreendimento.

A viabilidade econômica de um Biodigestor Urbano depende de fatores como o preço praticado para venda de energia elétrica, energia térmica e biofertilizantes, além da taxa para o tratamento dos resíduos orgânicos. Como esses fatores são específicos de cada região, há de se fazer um estudo de viabilidade para cada projeto.

Além disso, a administração pública pode facilmente influenciar na viabilidade econômica do projeto através da manutenção de valores de energia, priorização da forma de tratamento, concessão de áreas físicas para o projeto que varia normalmente entre 1 e 2 hectares, garantia da compra de energia térmica e elétrica, garantia de fornecimento de seus resíduos, determinações legais para o tratamento de resíduos orgânicos pelo processo de biodigestão, redução de impostos, entre outros. Em contrapartida, a prefeitura pode exigir que o empresário integre os catadores e população de baixa renda no processo de separação dos resíduos assim como ofereça a população local, possibilidades de qualificação técnica para a promoção profissional da mão de obra local. Em alguns empreendimentos, os ganhos derivados com venda de créditos de carbono são doados a gestão pública municipal.

Os empresários e investidores do Brasil e do exterior, começam a se interessar por projetos como esse quando visualizam essas características e na maior parte dos projetos, a prefeitura não precisa investir nenhum recurso financeiro.

7.2 LEGISLAÇÃO EM SANTA CATARINA

O governo do Estado de Santa Catarina encaminhará em breve para a Assembleia Legislativa o projeto de lei que formalizará a política estadual do biometano e o Programa Gaúcho de Incentivo à Geração e Utilização de Biometano (RS-Gás). O secretário estadual de Minas e Energia, Lucas Redecker, adianta que o texto deverá ser enviado com um lote de projetos de interesse do Executivo, o que acontecerá, provavelmente, até o final do mês (05/2016). Porém, o dirigente admite que o tema, devido aos ritos habituais, deverá tramitar por meses dentro parlamento.

O biometano é o biogás purificado feito a partir de matéria orgânica cujo descarte, normalmente, representa um problema ambiental, como dejetos suínos, por exemplo. Entre os objetivos da iniciativa está a valorização dos recursos renováveis, redução da produção dos gases de efeito estufa, a promoção da disposição final adequada de resíduos orgânicos e atração de investimentos em infraestrutura para distribuição e comercialização do biometano. Pela nova regra, será vedada a venda do biogás que não atenda à especificação estabelecida em resolução da Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP). Além disso, a legislação permitirá que o biometano seja misturado ao gás natural.

Uma ação que o governo adotará para fomentar a cadeia do biocombustível no Rio Grande do Sul é garantir a compra do produto pela concessionária estadual (Sulgás). A lei também possibilitará ao Estado criar linhas de crédito especial, inclusive com subsídios, para a produção de biometano e conceder tratamento tributário diferenciado e favorecido para a geração do biocombustível. O governo poderá ainda estabelecer a adição de um percentual mínimo de biometano ao gás canalizado comercializado no Rio Grande do Sul.

Redecker acrescenta que a solução do biogás possibilitará que alguns empreendedores rurais que têm hoje dificuldade para aumentar as produções por causa de questões ambientais superem esses obstáculos. Outro ponto ressaltado é que o biometano dará uma nova opção de abastecimento de gás ao Rio Grande do Sul, hoje dependente do gás natural boliviano que chega na região pelo gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol).

O presidente da Associação Brasileira de Biogás e Metano (ABBM), Mario Coelho, cita a intenção de criar condições para a criação de um mercado de biometano. O empresário sugere que não seja colocado um limite para a aquisição do biocombustível por parte da Sulgás. Em um primeiro momento, um dos principais tópicos a ser abordado, de acordo com Coelho, é a necessidade de opções de financiamento satisfatórias. O dirigente acrescenta que a desoneração do ICMS para novos investimentos impulsionaria fortemente o setor. Conforme o presidente da ABBM, culturas como a do milho e a criação de aves, porcos e bovinos têm um enorme potencial para a fabricação do biogás.

Outra iniciativa envolvendo o biocombustível que independe do projeto de lei é o atlas do biometano que está sendo elaborado em parceria pela Sulgás e a Univates. O trabalho, que deverá ser concluído neste ano (2016), apontará o potencial de geração do biogás em cada região do Estado.

8 DISCUSSÃO

Nesta parte será feita uma discussão sobre o que já foi apresentado, comparando com a hipótese idealizada, e abordando os caminhos seguidos.

A crescente demanda de energia, a elevação do preço dos combustíveis, a poluição ambiental, o fato de o petróleo ser um combustível não renovável e o aumento do desenvolvimento econômico vêm estimulando pesquisas para se descobrir fontes de energia renováveis.

Além disso, outro problema muito importante que a sociedade enfrenta é o acelerado aumento na produção de resíduos sólidos (lixo) e o consequente uso de lixões nos grandes centros urbanos, o que acarreta problemas de saúde e ambientais.

Esses problemas de demanda de energia e do lixo podem ter como uma possível solução uma única fonte: o biogás.

Esse gás é resultado da fermentação anaeróbica (em ausência de oxigênio ou de ar) da biomassa por bactérias. Isso significa que a matéria orgânica, como resíduos agrícolas, madeira, bagaço de cana-de-açúcar, esterco, cascas de frutas e restos animais e vegetais, sofre degradação por bactérias, produzindo o biogás.

Ele é formado basicamente de gás metano (CH_4), um gás incolor, inodoro e muito inflamável; além de outros gases.

Visto que pode ser produzido no lixo, o gás metano é chamado muitas vezes de gasolixo. Nos lixões a céu aberto, o metano e o gás carbônico são liberados para a atmosfera, poluindo o meio ambiente, pois são gases do efeito estufa, além de poderem provocar explosões e mau cheiro.

É por isso que muitos aterros sanitários possuem um sistema de captação dos gases liberados na fermentação do lixo e que são levados para os flares, onde são queimados e o metano se transforma em gás carbônico, que intensifica menos o problema do aquecimento global.

O gás metano é também chamado de gás dos pântanos, porque é formado em regiões alagadiças, com baixa oxigenação, pela decomposição do material orgânico depositado nos lagos. Outro nome que ele recebe é grisú, pois durante a formação das jazidas de carvão na natureza, esse gás é formado simultaneamente nos interstícios do carvão.

Voltando aos aterros sanitários, é possível tratar, reciclar o lixo, evitar os lixões e ainda produzir o biogás para geração de energia, podendo ser usado para iluminação de residências, aquecimento de água, aquecimento de caldeiras e fornos em usos industriais, como combustível de veículos etc.

A sua produção nos aterros é feita coletando-se os gases do lixo e levando-os para os biodigestores. Isso pode ser feito também na agricultura por meio da biodigestão de resíduos agrícolas. O biogás produzido pode ser usado no próprio local e o excedente pode ser vendido para empresas privadas.

Portanto, as principais vantagens da produção e utilização do biogás são:

- É renovável (visto que está presente no lixo e no esgoto, é praticamente inesgotável);
- Fontes de matéria-prima são de fácil obtenção;
- Ajudam a evitar os chamados lixões, que trazem doenças e contaminam o solo;
- A reutilização de resíduos orgânicos;
- A redução das emissões de gases do efeito estufa;
- A produção de biofertilizante como um subproduto;
- A obtenção de energia térmica e elétrica a baixo custo.

9 CONCLUSÃO

Da pesquisa desenvolvida no trabalho foram constatados os principais itens constitutivos do processo da produção por biogás, bem com as vantagens e benefícios decorrente da produção deste energético, realçando que, devido a todo o problema sustentável vivido pelo mundo hoje, tem se tornado um negócio lucrativo e sustentável ao mesmo tempo. Hoje no Brasil, considerando que o país é um dos maiores criadores de animais para abate do mundo, e que todos esses animais produzem dejetos - que são agressivos para a natureza, sobretudo com seu descarte errado, e, também, correspondem a custos e danos ao clima em si – há um grande potencial deste energético a ser explorado.

Foi possível, também, verificar que com o aumento da busca por eficiência energética aliada com as questões sustentáveis, as fontes não convencionais de energia, como eólica, solar, PCH e o biogás, vem ganhando espaço em projetos de pesquisa, trabalhos acadêmicos e na própria matriz energética brasileira.

O biogás pode ser obtido a partir de dejetos animais, residenciais, sobras de colheitas, esgotos, etc. Ou seja, praticamente todo o lixo ou dejetos produzido pode ser usado, não só para geração de energia, como também, na diminuição do gás metano, que é 21 vezes mais nocivo que o gás carbônico para a atmosfera. A hipótese apresentada nesse trabalho considera que seu crescimento tem tudo para ganhar força com novas políticas de incentivos, visando ganhos nos aspectos ambientais e econômicos e um incremento na racionalidade na produção e uso da energia – o que foi, de fato, verificado e confirmado.

A partir das projeções do atual modelo do setor elétrico brasileiro percebe-se que não mais se deve correr o risco de depender, prioritária e dependentemente, apenas de fontes hidrelétricas. O biogás, como item que pode vir a ser incorporado na matriz energética brasileira, de forma crescente, além contribuir para resolver parte do problema energético – considerando que há políticas voltadas para o ‘mercado de carbono’ ou vendas de biofertilizantes que auxiliam na compensação do investimento – tem um significado energético merecedor de participação no planejamento. Outra grande vantagem deste energético é não depender de um recurso extra, pois, o lixo, resíduos e/ou o dejetos sempre estão sendo produzidos.

Do que foi desenvolvido percebeu-se que, somente em Santa Catarina, há potencial suficiente para abastecer toda a autoprodução energética da suinocultura, desde a granja até frigoríficos. Para conhecer como a energia elétrica é comercializada – em referência as possibilidades de mercado desse energético, em todas as suas escalas - foram apresentados os ambientes de contratação e os leilões de energia, conforme são realizados no Brasil.

Países como Índia, Alemanha e China já apresentam projetos ousados para todo tipo de aplicação, desde o mais simples, até o mais automatizado. Outra vantagem, vista no trabalho, é sua gama de opções, seja para sistemas de esgoto das cidades, como também para um pequeno criador de animais que queira diminuir seus custos com energia, ou mesmo, tornar-se autossuficiente em energia.

Assim, como consta no que foi levantado no trabalho, a abordagem proposta na hipótese foi comprovada. Os conteúdos apresentados na literatura presente nas referências bibliográficas permitiram indicar que o caminho adotado é consistente.

Percebe-se ainda que o maior empecilho desta forma de energia, no momento, é a falta de informação. Pois as vantagens são inúmeras e o fato de termos matéria prima em abundância em qualquer local do Brasil, prova que devemos começar a discutir ou disseminar o conhecimento sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

- [1] TEIXEIRA, V. H. **Biogás**. 1. Ed. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2005. 93 f.
- [2] SOARES, J. **Construção de biodigestores didáticos e estudo da biodigestão de coprodutos do biodiesel**. Disponível em www.enerbio.ind.br/wpcontent/uploads/2011/05/Construcao-de-Biodigestores-Didaticos.pdf. Acesso em: 05/07/2013.
- [3] COLDEBELLA, Anderson; SOUZA, Samuel N. M.; FERRI, Priscila; KOLLING, Evandro M. **Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Informe Gepec, v. 12, n. 2, Jul./Dez. 2008.
- [4] <http://www.portalesiduossolidos.com/> Acesso em: 23 março. 2016
- [5] <http://www.portaldobiogas.com/> Acesso em: 2 de abril. 2016.
- [6] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. C2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso em: 23 nov. 2015.
- [7] BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, **Fundo Clima – Resíduos Sólidos**. C2014. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/Fundo_Clima/residuos.html>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- [8] AVELLAR, Luís Henrique Nobre; CARROCCI, Luiz Roberto; SILVEIRA, José Luiz. **Biogás na coprodução: a utilização de subprodutos agroindustriais na geração de energia em unidades co-geradoras**. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Novas Tecnologias**. 2002. Disponível em: Acesso em 22 de set. 2015.
- [9] CASTILLO, Máximo Rugama. **El biodigestor: campesino inventa su propia producción de gas**. **El Nuevo Diario – Nicaragua**. 03 de jun. 1999. Disponível em: Acesso em 1 jun. 2016.

- [10] ECO-VILLAGE. **Biodigestor chinês de cúpula fixa. Eco-Village Online – Rede de Práticas Comunitárias e Autossustentáveis.** Disponível em: Acesso em 22 de mar. 2016.
- [11] ACACIO, Luciana Carvalho; NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Castro. **SOLUÇÕES EM ENERGIA – PROJETO DE BIODIGESTOR RESIDENCIAL.** Juiz de Fora, 2014.
- [12] LINDEMEYER, Ricardo Matsukura. **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICO-FINANCEIRA DO USO DO BIOGÁS COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA.** Florianópolis, 2008.
- [13] BAU RIBEIRO, Anna Paula. **Metodologia Técnica e Análise Econômica Para Geração de Energia Elétrica com Biodigestores.** Joinville, 2014.
- [14] DE MATOS DA SILVA, Thomás. **PERSPECTIVAS DA GERAÇÃO EÓLICA NO BRASIL FACE AOS INVESTIMENTOS INSTITUCIONAIS – ASPECTOS TÉCNICOS, SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS.** Joinville, 2015.
- [15] ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 3. Ed. Brasília, DF: ANEEL, 2008. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Último acesso em 5 mai. 2016.
- [16] BNDES. **BNDES Transparente.** Brasília, DF: 2015. Disponível em < <http://www.bndes.gov.br/bndestransparente>>. Último acesso em 18 nov. 2015.
- [17] DOS REIS, L. B. **Geração de Energia Elétrica.** 2. ed. rev. aum. Barueri, SP: Manole, 2011.
- [18] CRAVEIRO, A. M. – **Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão – Digestão anaeróbica e aspectos teóricos e práticos,** 1982.
- [19] SALOMON, K. R. (2007), **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade.** Itajubá.219 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá. Santos, P. – Guia técnico de biogás. Portugal: Centro para a conservação de Energia, 2000.

[20] VILLELA, Iraídes Aparecida de Castro, SILVEIRA, José Luz - **Aspectos técnicos da produção de biogás em um laticínio**, 2005