

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

FELIPE PINHEIRO SILVA

**PLANO DE MONITORAMENTO PARA CONDOMÍNIOS DE
AGROENERGIA PARA APROVEITAMENTO DO BIOGÁS A PARTIR
DOS DEJETOS DA SUINOCULTURA**

MEDIANEIRA – PR
2014

FELIPE PINHEIRO SILVA

**PLANO DE MONITORAMENTO PARA CONDOMÍNIOS DE
AGROENERGIA PARA APROVEITAMENTO DO BIOGÁS A PARTIR
DOS DEJETOS DA SUINOCULTURA**

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare

MEDIANEIRA – PR
2014



TERMO DE APROVAÇÃO

Plano de monitoramento para condomínios de agroenergia para aproveitamento do biogás a partir dos dejetos da suinocultura.

Por

Felipe Pinheiro Silva

Esta monografia foi apresentada às..... h do dia..... de..... de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Paranavaí, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof^a Dra. Fabiana Costa de Araújo Schutz
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof. Dr. Luiz Alberto Vieira Sarmiento
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

SILVA, Felipe Pinheiro. Plano de monitoramento para condomínios de agroenergia para aproveitamento do biogás a partir dos dejetos da suinocultura. 2014. 47 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

O tratamento de dejetos através da biodigestão nas propriedades rurais é uma realidade cada vez mais presente no meio rural. O tratamento anaeróbio tem como produto o biogás que pode ser utilizado energeticamente. Os condomínios de agroenergia realizam a integração de vários produtores rurais em um único local para aproveitamento do biogás, visando a viabilidade técnica e econômica do empreendimento. Com o objetivo de monitorar o processo de produção de biogás, é necessário a elaboração de um plano de monitoramento das variáveis que possam interferir no processo de geração de biogás. O objetivo deste trabalho foi o de apresentar uma proposta de plano de monitoramento que possa ser implementada focando, principalmente, nos parâmetros da biomassa, biogás e do aproveitamento para a geração de energia elétrica. Com a descrição do processos produtivos podem ser determinados os pontos onde serão coletados os dados relevantes. A coleta de dados envolve o armazenamento em um banco de dados onde são centralizadas as informações do Condomínio. A proposta de um plano de monitoramento pode fornecer dados relevantes que permitam a confiabilidade da geração de energia elétrica a partir do biogás. O monitoramento também permitirá a gestão da operação e manutenção do Condomínio, orientando com dados confiáveis e seguros a equipe envolvida no aproveitamento do biogás como fonte energética.

Palavras-chave: Tratamento Anaeróbio. Banco de dados. Energia elétrica.

ABSTRACT

SILVA, Felipe Pinheiro. Monitoring plan for condominiums for bioenergy utilization of biogas based on the waste from swine manure. 2014. 47 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

The treatment of swine wastewater by biodigestion on farms is increasingly present in rural reality. The anaerobic treatment has as a product the biogas, which can be used energetically. The condominium of agroenergy realizes the integration of several farmers in one location for use of biogas, aiming a technical and economic feasibility of the project. In order to monitor the process of biogas production, it is required a development of a monitoring plan of the variables that can affect the biogas generation process. The objective of this study was to present a proposal for a monitoring plan that can be implemented focusing mainly on the parameters of biomass, biogas and utilization for power generation. Describing the production processes can be determined points where the relevant data will be collected. Data collection involves storing in a database where the condominium information is centralized. The proposed monitoring plan can provide relevant data to enhance the reliability of electricity generation from biogas. The monitoring will also manage the operation and maintenance of the Condominium showing with reliable and secure data the team involved in the utilization of biogas as an energy source.

Keywords: Anaerobic Treatment. Database. Electricity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz com os diferentes sólidos presentes.....	17
Figura 2. Lagoa de armazenamento do biofertilizante	19
Figura 3. Localização do município no estado de Santa Catarina.....	22
Figura 4. Imagem de satélite com a localização das propriedades e gasoduto	23
Figura 5. Fluxograma do processo produtivo nas unidades produtoras de suínos ...	25
Figura 6. Possível localização de uma estrutura de medição de produção de dejetos	29
Figura 7. <i>Flare</i> utilizado para queima de biogás e possível local de instalação de um medidor	31
Figura 8. Fluxograma da coleta e armazenamento dos dados nas propriedades	40
Figura 9. Painel de monitoramento para unidades produtivas de biogás.....	41
Figura 10. Fluxograma da coleta e armazenamento dos dados no condomínio	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros Físico-químicos monitorados	26
Tabela 2. Parâmetros monitorados na central de aproveitamento de biogás.....	27
Tabela 3. Parâmetros monitorados nas propriedades do condomínio	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA	American Public Health Association
AT	Alcalinidade Total
AV	Acidez Volátil
CC	Ciclo Completo
COT	Carbono Orgânico Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
K	Potássio
MCT	Minicentral Termelétrica
N	Nitrogênio
P	Fósforo
ST	Sólidos Totais
STV	Sólidos Totais Voláteis
UPL	Unidade Produtora de Leitões
UPT	Unidade Produtora de Terminação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 BIODIGESTÃO ANAERÓBIAS DOS DEJETOS SUÍNOS	12
2.2 PRODUTOS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	12
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	13
2.4 TEMPERATURA.....	13
2.4.1 pH.....	14
2.4.2 Alcalinidade e Ácidos Voláteis	14
2.4.3 DBO e DQO.....	15
2.4.4 Sólidos Totais, Voláteis e Sedimentáveis.....	16
2.4.5 Potencial Redox.....	17
2.4.6 Nutrientes	17
2.4.7 Compostos inibidores	18
2.5 BIOFERTILIZANTE.....	18
2.5.1 Nitrogênio, Fósforo e Potássio.....	19
2.5.2 Densidade.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA	22
3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NAS PROPRIEDADES	23
3.3 DESCRIÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS	24
3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE DADOS	25
4 PLANO DE MONITORAMENTO	29
4.1 MONITORAMENTO DA BIOMASSA PRODUZIDA	29
4.2 MONITORAMENTO DA ÁGUA CONSUMIDA.....	30
4.3 MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	30
4.3.1 Produção e Vazão	30
4.4 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA.....	31
4.5 MONITORAMENTO DA PRESSÃO	32
4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO BIOGÁS	32
4.6.1 Metano	32
4.6.2 Dióxido de Carbono	33
4.6.3 Umidade	33
4.6.4 Oxigênio	34
4.6.5 Sulfeto de Hidrogênio	34
4.7 MONITORAMENTO DOS CONJUNTOS DE MOTOGERADORES	34
4.7.1 Desempenho e Informações	34
4.7.2 Emissão de gases	35
4.7.3 Manutenção	35
4.8 MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA	36
4.8.1 Tensão	36
4.8.2 Frequência	37
4.8.3 Corrente	37
4.8.4 Potência	37
4.8.5 Fator de Potência	38
4.9 MONITORAMENTO DE OUTROS PARÂMETROS RELEVANTES.....	38
4.9.1 Temperatura ambiente	38
4.9.2 Número de Animais e Peso	39

4.10 PLANEJAMENTO PARA COLETA E ARMAZENAMENTO DE DADOS	39
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de dejetos nas propriedades rurais é uma realidade cada vez mais presente no meio rural. As exigências da legislação junto com a necessidade de dar destino adequado aos dejetos produzidos por atividades rurais, como a suinocultura, conduzem alternativas como a biodigestão anaeróbia.

A biodigestão anaeróbia tem como produto o biogás que, entre outras formas de aproveitamento, pode ser utilizado para geração de energia elétrica que pode ser incorporada na matriz energética nacional. A conexão em paralelo à rede de distribuição (geração distribuída) da geração de energia elétrica por meio do biogás vem se consolidando nas últimas décadas, assim como outras fontes de energias renováveis. Diante da necessidade de uma viabilidade técnica e econômica, surgem os condomínios de agroenergia que objetivam realizar a integração de vários produtores rurais em um local para aproveitamento das potencialidades do biogás.

Para assegurar que o aproveitamento do biogás nas suas diversas formas energéticas possua viabilidade técnica e econômica, torna-se necessário o monitoramento contínuo dos parâmetros que envolvam os processos, através de sensores, instrumentos e equipamentos de comunicação.

O monitoramento dos processos permite a gestão efetiva das condições operacionais das unidades de aproveitamento de biogás, e também pode fornecer informações para a realização de manutenções preditivas e melhorias no processo. Diante da necessidade de monitorar o processo de produção de biogás, torna-se necessário a elaboração de um plano de monitoramento englobando todas as variáveis que possam interferir direta ou indiretamente no processo de geração do biogás, no seu transporte e no aproveitamento para geração de energia elétrica.

Neste documento, portanto, apresenta-se a proposta de um plano de monitoramento para um Condomínio de Agroenergia, no qual as propriedades agrícolas que geram biogás poderão ser interconectados por meio de um gasoduto até uma central de geração de energia elétrica.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi o de apresentar uma proposta de monitoramento que possa ser implementada focando, principalmente, nos

parâmetros da biomassa, do biogás e do aproveitamento do biogás para a geração de energia elétrica e/ou térmica. Ainda, os objetivos específicos foram a avaliar e definir quais parâmetros eram relevantes no estudo do processo de geração e aproveitamento do biogás; estabelecer os parâmetros do processo que serão monitorados e definir genericamente o local dos pontos de coleta e armazenamento dos dados obtidos a partir do monitoramento das unidades.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BIODIGESTÃO ANAERÓBIAS DOS DEJETOS SUÍNOS

O tratamento biológico das águas residuárias reproduzem de certa maneira, os processos naturais que ocorrem após lançamento de despejos em corpos d'água, caracterizados como processos autodepurativos. Em estações de tratamento, com a utilização de tecnologia, objetiva-se fazer com que o tratamento se desenvolva em condições controladas e em taxas mais elevadas (VON SPERLING, 1996).

O processo da digestão anaeróbia consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como metano e dióxido de carbono, através da ação combinada de diferentes microrganismos que atuam na ausência de oxigênio (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002)

Quando os dejetos são facilmente biodegradáveis, o processo de biodigestão anaeróbia se mostra mais eficiente e mais econômico (CHERNICHARO, 2007). Segundo Cortez et al. (2008), o tratamento anaeróbio é um grande produtor de energia, produzindo baixa biomassa celular e necessitando somente 10% dos nutrientes necessários para um processo aeróbio.

A geração de dejetos suínos começa nas baias de criação das granjas. A limpeza ocorre por raspagem sempre que necessário, após monitoramento visual. Após a limpeza das baias, os dejetos são encaminhados via tubulação para o sistema de tratamento de dejetos

2.2 PRODUTOS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Nos processos de biodigestão anaeróbia da biomassa residual podem-se gerar dois produtos e um “serviço”: o biogás, o biofertilizante e a venda dos serviços de sequestro de carbono, também conhecido como créditos de carbono (BLEY JR. et al., 2009).

O biogás é um gás composto por diversos outros gases. Entre eles estão o metano (CH_4), o sulfeto de hidrogênio (H_2S), dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), vapor d'água e outros gases em menor quantidade (OLIVEIRA & HIRAGASHI, 2006).

O outro produto do processo anaeróbio é o biofertilizante, que se trata dos efluentes dos biodigestores que, após passarem em lagoas de decantação, podem ser então utilizados como fertilizante, sendo rico em carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros (BLEY JR. et al., 2009).

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Tradicionalmente os parâmetros utilizados no monitoramento do tratamento biológico são pH, alcalinidade, DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e vazão de biogás. Porém, esses parâmetros não antecipam desordens no funcionamento microbiológico do reator. Assim é necessário o monitoramento dos biossólidos no reator, como o balanço de sólidos voláteis (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Labatut e Gooch (2012) também consideraram outros parâmetros importantes no monitoramento, como o nitrogênio-amoniaco e as concentrações de metano e hidrogênio no biogás. Geralmente, o controle de processos de digestores anaeróbios é difícil, pois inúmeras condições operacionais estão interligadas e mudanças em um dos parâmetros podem afetar indiretamente outros (GERARDI, 2003). Assim, poderão ser geradas informações para avaliar o potencial da biomassa para produção de biogás e um melhor conhecimento das condições operacionais dos biodigestores.

2.4 TEMPERATURA

A temperatura é um dos principais parâmetros, sendo que o desenvolvimento das arqueas metanogênicas e a consequente produção de

biogás devem-se em grande parte à temperatura usada no processo. A temperatura ótima vai depender do grupo de bactérias com que se pretende trabalhar: termofílicas, mesofílicas ou psicofílicas (COMASTRI FILHO, 1981).

Nos processos anaeróbios, os melhores desempenhos para operação são obtidos em duas faixas mais altas de temperatura, de 30 a 40°C para as mesofílicas ou 50 a 60°C para as termofílicas (GRADY, DAIGGER & LIM, 1999).

A temperatura influencia principalmente essas operações de natureza biológica, onde a velocidade do tratamento do efluente aumenta com a temperatura (CHERNICHARO, 2007; JORDÃO & PESSÔA, 2009).

Na digestão anaeróbia essa influência merece atenção especial, pois as bactérias anaeróbias são muito sensíveis às variações de temperatura, e às vezes, uma pequena variação pode interromper a produção de metano com o consequente acúmulo de ácidos voláteis (OLIVEIRA, 1993).

2.4.1 pH

De maneira geral, o crescimento bacteriano ocorre dentro de faixas de pH limitada, embora a sobrevivência ocorra dentro de faixas bem mais amplas, entre 4,0 e 9,5 (VON SPERLING, 1996).

Para Grady et al. (1999), a faixa ótima de desempenho fica entre 6,8 e 7,4, pois o pH baixo inibe o metabolismo das arqueas metanogênicas, e o pH elevado causa a intoxicação por amônia livre.

Durante o processo de biodigestão na fase ácida, o pH diminui, devido à formação de ácidos orgânicos, e na fase metanogênica, esses ácidos são convertidos e o pH torna a aumentar (CORTEZ et al., 2008).

2.4.2 Alcalinidade e Ácidos Voláteis

Como indicador de processo, a concentração de ácidos voláteis (AV) é um dos parâmetros mais sensíveis no monitoramento (LABATUT e GOOCH, 2012).

A alcalinidade desempenha a função de substância tampão, ou seja, evita variações bruscas no pH e conseqüentemente, evita que hajam problemas no desempenho dos organismos que atuam na decomposição da matéria orgânica. A elevação nos níveis da alcalinidade, permite que as concentrações de ácidos voláteis sejam tamponadas sem haver a alteração no nível do pH (CHERNICHARO, 2007).

O monitoramento destes dois parâmetros pode prevenir perturbações e potenciais falhas no sistema de biodigestão, e têm bom potencial para o controle de processo de biodigestão (BJÖRNSSON *et al.*, 2001; LABATUT & GOOCH, 2012).

Segundo Silva (1977) apud Feiden (2001), a relação Acidez Volátil/Alcalinidade Total (AV/AT) é a chave para o sucesso de uma boa digestão anaeróbia. As concentrações dos ácidos voláteis e a alcalinidade total do material em digestão são os principais valores mensuráveis do estado do processo de digestão (FEIDEN, 2001).

2.4.3 DBO e DQO

Para caracterização da matéria orgânica nos efluentes pode se utilizar duas metodologias, medição do consumo de oxigênio (DBO e DQO) ou medição do carbono orgânico (COT). Tradicionalmente a DBO e DQO são as mais utilizadas (VON SPERLING, 2007).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a quantidade necessária de oxigênio para estabilizar biologicamente a matéria orgânica, deste modo os microrganismos necessitam uma quantidade de oxigênio, também chamada de DBO (DIESEL, MIRANDA & PERDOMO, 2002; MACÊDO, 2005).

A demanda química de oxigênio (DQO) não é considerada um parâmetro de processos de tratamento biológico. Mas é utilizada frequentemente como parâmetro de monitoramento dos processos, pois necessita de pouco tempo para realização do teste, cerca de 2 horas com o método do dicromato (CORTEZ *et al.*, 2008; JORDÃO e PESSÔA, 2009).

O teste da DQO visa medir o consumo de oxigênio que ocorre durante a oxidação química presente numa água, é uma media indireta de medição de matéria orgânica, porém pode superestimar a quantidade de oxigênio por oxidar a fração biodegradável e também a fração inerte (NUVOLARI, 2003; VON SPERLING, 2005).

2.4.4 Sólidos Totais, Voláteis e Sedimentáveis

Com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes presentes nas águas residuárias contribuem para a carga de sólidos (VON SPERLING, 2005). Os sólidos totais consistem no conteúdo de matéria que permanece como resíduo após evaporação à temperatura de 103 a 105° C (JORDÃO & PESSÔA, 2009). Quando realizada a calcinação (600°C) deste material, a fração de material orgânica presente no efluente se oxidará a esta temperatura (sólidos voláteis) e a fração inorgânica permanecerá como cinza (sólidos fixos) (JORDÃO e PESSÔA, 2009).

Segundo Leite e Polvinelli (1999), a bioconversão só acontece na fração teoricamente orgânica do substrato, portanto quanto maior a concentração de sólidos totais voláteis, maior também deverá ser a potencial produção de biogás.

A diferença entre a concentração de sólidos voláteis no afluente e efluente indica a porcentagem de dejetos que foram estabilizados através do processo de biodigestão (LABATUT & GOOCH, 2012).

De acordo com Oliveira & Hiragashi (2006), os sólidos voláteis correspondem de 70 a 75% dos sólidos totais nos dejetos suínos, e quanto maior essa porcentagem maior a conversão de matéria orgânica e produção de biogás (OLIVEIRA e HIRAGASHI, 2006).

Os sólidos sedimentáveis tratam-se dos sólidos grosseiros que podem acumular nos dispositivos que transportam os dejetos e também no interior do biodigestor, afetando a capacidade volumétrica, e diminuindo o tempo de retenção hidráulica (TRH) (BLEY JR. et al., 2003).

A Figura 1 apresenta uma matriz com todos os tipos de sólidos conforme as diferentes classificações presente nas águas residuárias.

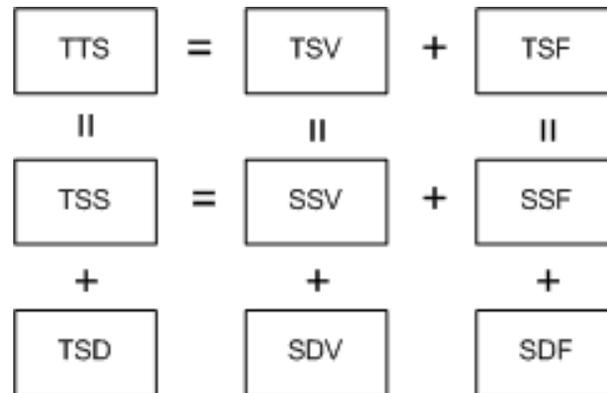


Figura 1. Matriz com os diferentes sólidos presentes

onde:

TTS= total de sólidos;

TSV = total de sólidos voláteis;

TSF = total de sólidos fixos;

TSS = total de sólidos suspensos;

SSV = sólidos suspensos voláteis;

SSF = sólidos suspensos fixos;

TSD = total de sólidos sedimentáveis;

SDV = sólidos dissolvidos voláteis;

SDF = sólidos dissolvidos fixo

2.4.5 Potencial Redox

A presença de compostos oxigenados podem inibir as arqueas metanogênicas, pois essas necessitam de um ambiente de redução para crescimento. Assim, é essencial um ambiente com ausência de oxigênio molecular para ocorrer a geração de metano (GERARDI, 2003).

Portanto, o potencial de oxirredução (Eh) nos biodigestores deve ser baixo, entre -300 e -330 mV como faixa ótima. A diminuição do potencial deve ser mantida evitando a adição de cargas com oxigênio, sulfatos, nitratos e nitritos (DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2011).

Este parâmetro é um bom indicativo da presença ou adição de muitos compostos oxigenados.

2.4.6 Nutrientes

O bom desenvolvimento do processo de digestão anaeróbia esta diretamente relacionada com a presença de alguns nutrientes necessários para que a atividade dos microrganismos seja realizada com sucesso.

Quando o resíduo não contém quantidades suficientes de nutrientes que são essenciais como o fósforo e o nitrogênio, estes devem ser complementados. As relações de nutrientes para concentrações de carbono devem ficar em Carbono/Nitrogênio ≤ 20 e Carbono/Fósforo ≤ 100 (SOUZA, 1984).

2.4.7 Compostos inibidores

As arqueas metanogênicas são facilmente inibidas por toxinas, e tem sido considerada uma das principais razões para a não aplicação de processos anaeróbios, devido a sua pequena fração de substratos sintetizados em células e ao elevado tempo de geração dessas bactérias (CHERNICHARO, 2007).

A amônia e amônio são resultados da degradação anaeróbia de compostos nitrogenados por microrganismos. A amônia (NH_3) forma tem um efeito inibidor em concentrações maiores pode ser tóxica. Dependendo do pH pode formar íons de amônio (NH_4^+) que na maioria das vezes é indiferente quando em balanço com a concentração de amônia (DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2011).

No entanto, a presença do bicarbonato de amônia, resultante da degradação de efluentes ricos em compostos proteicos ou ureia, pode ser benéfica ao sistema de digestão, como fonte de nitrogênio e como tampão para alterações de pH (CHERNICHARO, 2007).

Os metais pesados (zinco, cobre, níquel, cromo, manganês, mercúrio, chumbo, cádmio, ferro) podem causar inibições quando a concentração dos íons livres, proporcional a concentração de íons sulfeto, excede a concentração limite (OLIVEIRA, 1993).

2.5 BIOFERTILIZANTE

A digestão anaeróbia não só rompe materiais vegetais em biogás, ele também libera nutrientes plantas, como nitrogênio, potássio e fósforo e são

convertidos numa forma que podem ser absorvidos mais facilmente pelos vegetais.

O efluente final, após tratamento em biodigestores pode ser diluído e armazenado em uma lagoa secundária, denominada tanque de armazenagem de biofertilizante.

A Figura 2 mostra um exemplo de lagoa de armazenamento de biofertilizante ou digestato.



Figura 2. Lagoa de armazenamento do biofertilizante

Os dejetos suínos tratados podem ser usados na fertilização das lavouras, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do solo e o meio ambiente, com o manejo e aplicação correta, de acordo com o tipo de solo, exigência da cultura, entre outros (PERDOMO, LIMA e NONES, 2001).

2.5.1 Nitrogênio, Fósforo e Potássio

O nitrogênio, o fósforo e o potássio são um dos mais importantes macronutrientes para as plantas consideradas na adubação do solo, e estão presentes em grandes quantidades devido a presença na alimentação dos suínos (PERDOMO, LIMA e NONES, 2001).

Os componentes benéficos ao solo também podem ser poluentes como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), além de outros microminerais presentes na alimentação dos suínos como o zinco (Zn) e o cobre (Cu) (GASPAR, 2003).

A composição de nutrientes nos dejetos deve ser analisada, pois se não forem aproveitados pelas plantas, poderão ocorrer sobras, ocorrendo a poluição das águas e dos rios, tendo, por exemplo, maiores quantidades de nitratos e fósforo (SEGANFREDO, 2000).

O N tem influência decisiva no desenvolvimento das plantas, mas em excesso prejudica a estrutura orgânica da planta, influenciando na constituição dos tecidos, tornando-os flácidos e porosos (COTTA et al., 2007).

O P desempenha papel importante no desenvolvimento do sistema radicular gramíneas, e a sua deficiência limita a capacidade produtiva das plantas (MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

O potássio (K) é um elemento que faz parte ativamente do processo bioquímicos nas plantas, e está ligada a atividade metabólica, e ao potencial osmótico das células (MARSCHNER, 1995).

Para algumas culturas como o milho, a aplicação do biofertilizante pode ter resultados iguais quando comparada a adubação química tradicional (NPK) (SEIDEL *et al.*, 2010).

2.5.2 Densidade

A densidade dos dejetos é bastante heterogênea e sofre influência do manejo realizado na granja, como o consumo de água, sistema de produção, entre outros (CORRÊA et al., 2011).

Existe a possibilidade da correlação da densidade com a quantidade com os teores de nutrientes contidos nos dejetos, dependendo do sistema de produção (MENEZES et al., 2007).

No entanto, segundo Corrêa et al. (2011), o método do densímetro não é aconselhável para determinação, pois os baixos índices de correlação encontrados dão uma vaga ideia qualitativa do biofertilizante.

Oliveira (1993) afirma que o método do densímetro para qualificar o biofertilizante apresenta erros máximos de 20% do Nitrogênio total, de 30% do P_2O_5 e de 50% do potássio (OLIVEIRA, 1993).

Assim, para fins de pesquisa, a determinação da densidade do dejetos através da realização de medições pontuais em conjunto com análises dos nutrientes dos dejetos, verificará se é possível a geração de índices de correlação entre esses parâmetros.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

O Condomínio de Agroenergia situa-se na área rural de um município no extremo oeste do Estado de Santa Catarina. A localização do município é apresentada na **Figura 3**.



Figura 3. Localização do município no estado de Santa Catarina

O município está localizado no oeste de estado Santa Catarina e possui um clima subtropical úmido com temperaturas variando entre 0 e 40 °C, e temperatura média anual de 25 °C. A altitude do município varia entre 150 e 544 metros acima do nível do mar.

Para criação do Condomínio foram escolhida propriedades agroindustriais no município que tenham como principal fonte de renda a criação de suínos.

Para uma melhor visualização destas propriedades, a Figura 2 mostra uma imagem de satélite com a localização de todas as propriedades e também o traçado do gasoduto (em azul) que interliga as propriedades a Minicentral Termelétrica (MCT).

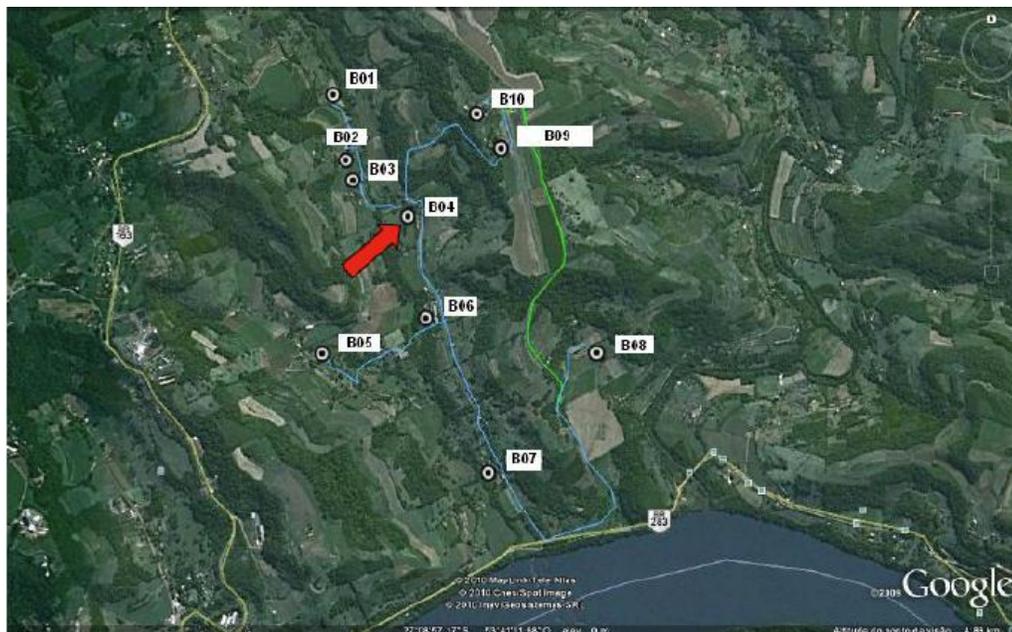


Figura 4. Imagem de satélite com a localização das propriedades e gasoduto

A localização da MCT é mostrada na **Figura 4** através da flecha vermelha no mapa.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO NAS PROPRIEDADES

As diversas propriedades envolvidas no condomínio em estudo trabalham com a suinocultura. A criação de suínos é encontrada em diferentes sistemas de produção nas propriedades podendo ser elas (FAEP, 2010; TRICHES, 2003):

- a) Ciclo Completo (CC): os suinocultores criam desde a cobertura até o abate dos animais;
- b) Unidade Produtora de Leitões (UPL): criação de animais do desmame dos leitões até atingirem 25-30 kg (60-70 dias de idade);
- c) Unidade Produtora de Leitões (UPT): recebem os leitões das UPL e conduzem até a idade do abate (100-110kg e idade em torno de 150-160 dias).

De um modo geral, o processo produtivo em unidade de criação de suínos pode ser dividido em algumas etapas que podem ser melhores visualizadas no fluxograma mostrado na Figura 3.

3.3 DESCRIÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS

Após a geração de biogás em cada uma das propriedades, o gás não utilizado, ou seja, o gás excedente é encaminhado ao gasoduto e então armazenado em um gasômetro em um local para aproveitamento através de um conjunto motogerador ou outras formas energéticas. Este local onde ocorre o armazenamento do biogás e a geração de energia é denominado de Minicentral Termelétrica (MCT). Nesta central poderá, ser então, gerada a energia elétrica pelo conjunto motogerador. Quando não utilizada na MCT, poderá ser exportada para rede de distribuição da concessionária local.

Paralelamente, quando não ocorre o consumo de todo o biogás pelo motor, o flare pode ser acionado. O *flare* é um queimador de gases que é acionado quando a pressão do gasoduto estiver acima dos valores dimensionados, funcionando como um alívio de pressão, não deixando o gás escapar *in natura* para o ambiente convertendo através da queima, em dióxido de carbono.

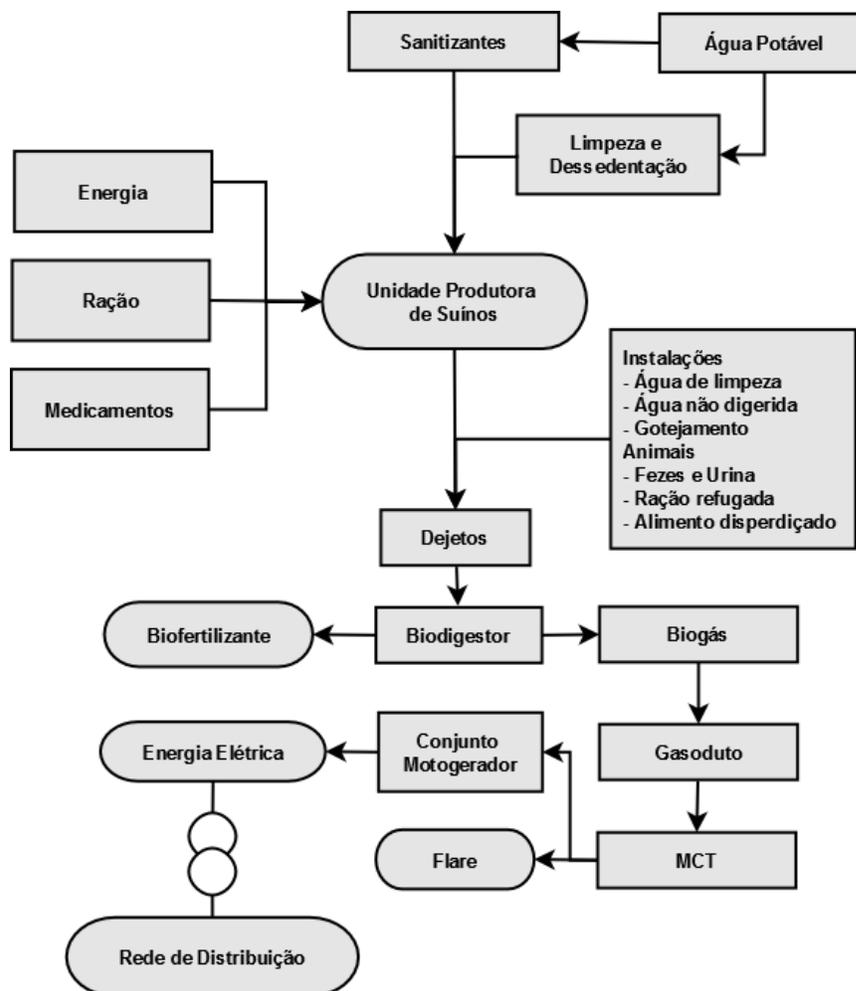


Figura 5. Fluxograma do processo produtivo nas unidades produtoras de suínos

3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DE DADOS

Com relação ao monitoramento dos parâmetros físico-químicos, as análises que poderão ser realizadas em laboratório ambiental são demonstradas na Tabela 1. Os parâmetros escolhidos para o monitoramento devem ser determinados em laboratórios de análise ambiental, os quais utilizam os métodos padrões para análise de água residuária da American Public Health Association (APHA, 2005). A Tabela 1 contém a relação dos parâmetros que são realizados em laboratório específico para caracterização e monitoramento da biomassa nas propriedades.

Os demais parâmetros monitorados podem ser instrumentados e quando possível os dados coletados alimentam automaticamente um banco de dados. Os sensores instalados em propriedades pré-definidas, no gasoduto e na Minicentral Termelétrica (MCT) são responsáveis pela origem dos dados automatizados.

Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros instrumentados e monitorados, e em qual processo que estão localizados no gasoduto e na Minicentral Termelétrica.

Tabela 1. Parâmetros Físico-químicos monitorados

Processo	Parâmetros	Unidade
	pH	-
	Demanda Química de Oxigênio	mgO ₂ .L ⁻¹
	Demanda Bioquímica de Oxigênio	mgO ₂ .L ⁻¹
	Sólidos Totais	mg.L ⁻¹
	Sólidos Totais Voláteis	mg.L ⁻¹
Biomassa	Sólidos Totais Fixos	mg.L ⁻¹
	Sólidos Sedimentáveis	mg.L ⁻¹
	Nutrientes	mg.L ⁻¹
	Compostos Inibidores	mg.L ⁻¹
	Densidade	kg.m ⁻³
	Nitrogênio, Fósforo e Potássio	mg.L ⁻¹

Tabela 2. Parâmetros monitorados na central de aproveitamento de biogás

Processos / Parâmetros	Unidade	Local
Biogás		
Produção	m ³ .h ⁻¹	Gasoduto
Pressão	mmH ₂ O	Gasômetro
Temperatura	°C	Gasômetro
Concentração CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S, O ₂	% e ppm	Entrada e saída do filtro
Umidade	%UR	Entrada do motogerador
Temperatura	°C	Entrada do motogerador
Pressão	mmH ₂ O	Diversos pontos no gasoduto
Temperatura	°C	<i>Flare</i>
Vazão	m ³ .h ⁻¹	Alimentação <i>flare</i>
Energia Elétrica		
Parâmetros Elétricos	kWh	Geração de energia
Parâmetros Elétricos	kWh	Consumo de energia
Corrente	I	Geração e Consumo
Tensão	V	Geração e Consumo
Frequência	Hz	Geração e Consumo
Fator de Potência	-	Geração e Consumo
Conjunto Moto Gerador		
Desempenho e Informações	-	Injeção Eletrônica do Motor
Emissão de gases	-	Escapamento do Motor
Funcionamento	horas	Injeção Eletrônica do Motor
Manutenção	-	Planilha de Manutenção
Ambiente		
Temperatura	°C	Casa de força

As propriedades do condomínio escolhidas para instalação dos sensores podem ser selecionadas com base na relevância para pesquisa e também na contribuição de biogás para o condomínio. No entanto, as demais que não escolhidas, poderão ser monitorados manualmente por meio de planilhas.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros monitorados e instrumentos nas instalações das propriedades de suinocultura do condomínio.

Tabela 3. Parâmetros monitorados nas propriedades do condomínio

Processos / Parâmetros	Unidade	Local Específico
Biomassa		
Vazão de água	m ³ .h ⁻¹	Reservatório de água
Vazão de dejetos	m ³ .h ⁻¹	Entrada do biodigestor
Vazão	m ³ .h ⁻¹	Saída do biodigestor
Análises Físico-químicas	-	Entrada e saída biodigestor
Funcionamento bomba de biofertilizante	horas	Alimentação da bomba
Densidade	kg.m ⁻³	Densidade
Biogás		
Produção	m ³ .h ⁻¹	Saída para gasoduto
Pressão	mmH ₂ O	Gasômetro
Temperatura	°C	Gasômetro
Concentração H ₂ S	ppm	Gasômetro
Energia Elétrica		
Parâmetros Elétricos	kWh	Consumo de energia
Outros		
Nº de Animais	cabeças	Planilha de acompanhamento
Peso dos Animais	kg	Planilha de acompanhamento

4 PLANO DE MONITORAMENTO

4.1 MONITORAMENTO DA BIOMASSA PRODUZIDA

A biomassa residual é constituída pelos resíduos orgânicos originários de processos agroindustriais. Estes resíduos são tratados em processos de tratamento biológicos denominados reatores anaeróbios. Os produtos originados neste processo são o biogás e o biofertilizante, e o monitoramento é necessário para assegurar o bom andamento do processo, e a quantidade e qualidade de seus produtos.

A vazão do efluente ou produção de biomassa é um item importante no monitoramento das unidades do projeto, pois é essencial para determinar a carga orgânica que está sendo removida, eficiência do processo, correlação com a produção de biogás e determinação do tempo de retenção hidráulica do biodigestor.

O manejo, o tipo de bebedouro e o sistema de higienização utilizado influenciam no volume de dejetos gerados, bem como a categoria e o número de animais criados (PERDOMO, LIMA & NONES, 2001).

A medição deve ser antes da estrutura de tratamento, porém depois do tratamento preliminar que visa a eliminação de sólidos grosseiros, a Figura 6 mostra uma possível localização do sistema de medição.



Figura 6. Possível localização de uma estrutura de medição de produção de dejetos

4.2 MONITORAMENTO DA ÁGUA CONSUMIDA

A água é um insumo consumido nas unidades e utilizado no processo de produção. Uma parte da água consumida torna-se efluente, ou seja, é importante o seu levantamento para confrontar com os dados de vazão de efluente que vai para os biodigestores (sistema de tratamento). Na suinocultura, geralmente, é adicionada água à mistura a fim de torná-la líquida e de melhor manipulação no manejo e limpeza (CORTEZ et al., 2008).

A quantidade de água na biomassa deve estar em torno de 90% do peso do conteúdo total de biomassa, dependendo do tipo da biomassa (SALOMON e TIAGO FILHO, 2007). Tanto o excesso quanto a falta da água são prejudiciais para o sistema, onde a falta pode provocar entupimento na tubulação e o excesso pode atrapalhar o processo da hidrólise, pois é exigida uma elevada carga de biomassa para que a mesma se processe adequadamente (JORGE e OMENA, 2012).

Com a utilização de instrumentos de medição mais precisos para o monitoramento do consumo de água de animais é possível determinar a quantidade de água gasta tanto pelo consumo dos animais e limpeza, totalizando a água que se misturará aos dejetos e adentrará o sistema de tratamento.

4.3 MONITORAMENTO DO BIOGÁS

4.3.1 Produção e Vazão

Para que se possa avaliar o potencial de produção de biogás nos biodigestores é necessária a medição de vazão na saída dos biodigestores, e nos conjuntos motogeradores a medição pode ser feita na alimentação de biogás.

O gás excedente é queimado no *flare*, e neste caso a medição deve estar localizada antes de sua queima.

A Figura 7 ilustra um *flare* e em destaque um local onde pode ser inserida a medição do biogás que é queimado neste equipamento.



Figura 7. *Flare* utilizado para queima de biogás e possível local de instalação de um medidor

Através do monitoramento da produção de biogás nos biodigestores é possível correlacionar com outras variáveis que interferem na produção de biogás.

4.4 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

Nos biodigestores e na saída das propriedades pode auxiliar na quantificação do biogás gerado individualmente nas propriedades.

Quando utilizado o *flare* para realizar a queima do gás excedente, o monitoramento da temperatura se torna interessante, pois ela varia conforme o poder calorífico podendo então realizar uma correlação com a quantidade de metano no biogás (MANDAL, KIRAN e MANDAL, 1999).

Para o conjunto motogerador, a temperatura medida na entrada da alimentação auxilia na determinação da saturação do vapor d'água contido no biogás, e também na sua densidade.

4.5 MONITORAMENTO DA PRESSÃO

A pressão não tem influência sobre a qualidade do gás, mas é importante no controle do volume de gás nas unidades e também na segurança dos biodigestores.

No gasoduto, a pressão pode interferir no funcionamento do sistema de transporte e na segurança do sistema.

Para o conjunto motogerador, junto com a temperatura e outros parâmetros, ajuda na determinação das propriedades físico-químicas do biogás.

4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO BIOGÁS

Para caracterização dos componentes do biogás, é necessária a retirada do condensado do biogás originado do biodigestor. Algumas vezes é necessária também a remoção do sulfeto de hidrogênio (DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2011).

Para aplicações em motores de combustão interna para geração de eletricidade é desejável um gás com maior poder calorífico e características que não prejudiquem o funcionamento do sistema e de equipamentos auxiliares.

4.6.1 Metano

O biogás pode variar na sua concentração de metano entre 40 e 75% de CH₄, com seu poder calorífico ficando entre 3424,29 e 6420,59 kcal.m⁻³ (IANNICELLI, 2008). Quanto maior a concentração de metano (CH₄) no biogás, maior seu poder calorífico.

Para aplicações em motores de combustão interna para geração de eletricidade é desejável um gás com maior poder calorífico.

Portanto, essa concentração deve ser monitorada nas unidades para avaliar o valor energético do biogás em função do tipo de biomassa.

4.6.2 Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono (CO_2) está presente no biogás por ser gerado em uma das fases na biodigestão anaeróbia. O CO_2 e o CH_4 constituem a maior parte do biogás (ABBASI, TAUSEEF e ABASSI, 2012)

Sua quantidade diminui o poder calorífico no gás, por não participar da combustão (RYCKEBOSCH, DROUILLON e VERVAEREN, 2011).

O monitoramento da quantidade de CO_2 presente é importante antes e após o filtro de purificação e na entrada do conjunto motogerador.

4.6.3 Umidade

A umidade está normalmente presente no biogás bruto e sua quantidade depende da temperatura. Quanto mais baixa a temperatura, menor será também a quantidade de água no biogás bruto (PERSSON, 2003).

O conteúdo de água saturada no biogás saindo do reator com uma temperatura de 35°C é de, aproximadamente, 40 g.m^{-3} (DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2011). Sua presença provoca a corrosão dos compressores, motores e outros equipamentos, devido formação de ácidos nas reações com H_2S , NH_3 , CO_2 (RYCKEBOSCH, DROUILLON & VERVAEREN, 2011).

A diminuição da vida útil dos motores também é perceptível pela deposição excessiva de carbono nas peças interiores na presença de umidade (TIPPAYAWONG, PROMWUNGKWA e RERKKRIANGKRAI, 2007).

O vapor d'água também tem um efeito, mesmo que pequeno, na chama do biogás, limite de inflamabilidade, mistura combustível/ar no motor a combustão e diminuição no poder calorífico (WALSH et al., 1989).

4.6.4 Oxigênio

A presença do oxigênio entre 0 e 4% no biogás pode ser inofensiva, porém com uma mistura entre 6% e 12% com 60% de metano, pode tornar o biogás explosivo, dependendo somente da temperatura (RYCKEBOSCH, DROUILLON e VERVAEREN, 2011). O monitoramento é importante nos locais de armazenamento de biogás e no aproveitamento para geração de energia elétrica.

4.6.5 Sulfeto de Hidrogênio

O sulfeto de hidrogênio (H_2S) e os demais gases sulfurosos presentes no biogás, mesmo em baixas concentrações provocam corrosão dos compressores, motores e outros equipamentos. Este gás é reativo com a maioria dos metais, principalmente na presença e presença de água e temperaturas elevadas (PERSSON, 2003).

É importante que haja um monitoramento do H_2S no biogás que está sendo consumido pelo motogerador, antes e após o sistema de purificação instalado na entrada do motor.

4.7 MONITORAMENTO DOS CONJUNTOS DE MOTOGERADORES

4.7.1 Desempenho e Informações

O desempenho de um motor-gerador varia com a carga, ou seja, quanto maior a carga do motor maior a eficiência total. A eficiência total pode ser calculada de acordo com a equação 1.

$$\eta = \frac{P}{V \cdot PCI} \quad (1)$$

Onde P é a potência útil de geração de eletricidade (kW), V é a vazão volumétrica de biogás ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), nas condições normais de temperatura e pressão e PCI é o poder calorífico inferior do biogás ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$) (ITAI, 2011).

O desempenho e outras informações relativas ao funcionamento do conjunto motogerador poderão ser adquiridas indiretamente através de outros medidores e também de informações retiradas diretamente do módulo de injeção e ignição eletrônica do motor.

4.7.2 Emissão de gases

Durante a combustão, as emissões do processo se desenvolvem em função dos diferentes produtos da mistura, diferença da pressão, temperatura e concentração de nitrogênio e oxigênio, entre outros (ZELL, 2002).

Os principais contaminantes são NOx, CO e partículas (pó, carbono não queimado). O teor de NOx dos gases de escape aumenta com o teor de metano no biogás. Já as outras impurezas diminuem com o teor de metano, tais como o CO, formaldeído e diminuição de carbono não queimado (DEUBLEIN e STEINHAUSER, 2011).

Portanto, o monitoramento da emissão de gases torna-se interessante para verificação do funcionamento do motor e também para comparação dos valores com a legislação ambiental vigente.

4.7.3 Manutenção

A manutenção é um item importante na regularidade do funcionamento dos conjuntos motogeradores. O monitoramento das condições operacionais permite a realização de dois diferentes tipos de manutenção (BECHTOLD, 2010):

a) Manutenção baseada em condição: técnicas de monitoramento das condições dos equipamentos visam detectar sinais de falha de interesse.

b) Manutenção proativa ou detectiva: através de instrumentos de medição acoplados aos equipamentos, os sistemas inteligentes realizam o controle do equipamento através da interpretação de múltiplas medidas.

A avaliação da manutenção dos grupos motogeradores pretende verificar e registrar as principais ocorrências que interferem na produção de energia elétrica. Essas interferências devem ser avaliadas conforme sua frequência e sua duração de interrupção da produção de energia.

A análise das ocorrências em determinado período pode resultar na indicação dos principais fatores que interferem na confiabilidade da produção de energia elétrica. O conhecimento desses fatores servem de subsídio e de direcionamento para novas pesquisas, e de novos projetos de desenvolvimento, voltados ao fornecimento de soluções para a operação otimizada de geradores distribuídos a partir do biogás.

4.8 MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA

4.8.1 Tensão

Segundo o Prodist (2012), as tensões de conexão para Média Tensão são padronizadas em 34,5 kV e 13,8 kV, e para Baixa Tensão em 380/220 V e 220/127 V. Tensões de conexão diferentes das relacionadas são admissíveis nos sistemas de distribuição em operação, se estiverem em consonância com a legislação pertinente.

Tais sistemas devem contar com sistemas de proteção adequados para que os motores geradores sejam conectados a rede com segurança (ITAI, 2011).

O parâmetro torna-se importante para o monitoramento, pois para realizar e manter o sincronismo e qualidade de energia na rede, a defasagem angular entre a tensão da rede e do gerador não devem exceder 10° e os valores de

tensão não podem ultrapassar 10%, exigindo a atuação da proteção (ANEEL, 2012).

4.8.2 Frequência

O monitoramento da frequência também envolve a segurança da rede e permanência do gerador em sincronismo. Com valores do gerador que excedam $\pm 0,5$ Hz da frequência nominal de 60 Hz, ocorrerá a atuação da proteção (CELESC, 2013).

4.8.3 Corrente

Com o monitoramento da corrente é possível calcular a potência, através da multiplicação pela tensão, em um determinado momento. Além de poder registrar possíveis falhas e perturbações na rede e devido a alterações repentinas neste parâmetro.

4.8.4 Potência

A potência ativa é o produto da tensão e corrente dada em kW, e em padrões de energia é dada em kWh. Os valores de potência gerados e consumidos na Minicentral Termelétrica deverão ser monitorados para que se permita a realização do balanço energético, e quantificar a energia elétrica que será injetada na rede.

Do mesmo modo, o balanço energético também é importante através da medição do consumo mensal de energia elétrica nas propriedades.

A potência reativa fornece informações sobre a natureza indutiva ou capacitiva da carga, medida em kVAr, usada para criar e manter os campos

eletromagnéticos das cargas indutivas. No entanto, no sistema de potência, o reativo deve ser controlado, pois afeta diretamente no fator de potência.

4.8.5 Fator de Potência

O fator de potência é um dos aspectos considerados nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) referente a qualidade de energia elétrica (ANEEL, 2012). O cálculo do fator de potência é dado a partir dos valores da potência ativa e reativa, ou das energias ativa e reativa.

Com o monitoramento do fator de potência, pode-se obter, o grau de eficiência dos grupos geradores na geração de potência ativa, assim como, se esse parâmetro está compreendido entre os valores aceitáveis, estabelecidos pelos órgãos regulamentadores de energia elétrica.

4.9 MONITORAMENTO DE OUTROS PARÂMETROS RELEVANTES

4.9.1 Temperatura ambiente

A temperatura, especialmente a ambiente, influencia consideravelmente na produção de biogás. Quanto maior a temperatura ambiente, maior a produção de biogás, pois os microrganismos responsáveis pelo processo de digestão anaeróbia podem, devido a cinética aumentar a produção de biogás sob temperaturas mais elevadas.

De modo geral, é importante a medição da temperatura ambiente, pois existe a possibilidade de correlação com diversos outros parâmetros, além da produção de biogás.

4.9.2 Número de Animais e Peso

A quantidade de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, cerca de 8,5 a 4,9% do seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg, sendo a produção de urina um aspecto importante na quantidade de dejetos líquidos produzidos (OLIVEIRA, 1993).

A produção total de dejetos em granjas de suínos é muito variável, dependendo principalmente do manejo de limpeza adotado em cada granja, determinando a maior ou menor quantidade de água utilizada (LUCAS JÚNIOR, 2004).

Deste modo, o monitoramento de peso do suíno e quantidade de animais ajudam na correlação entre a produção de dejetos e produção de biogás nas propriedades.

4.10 PLANEJAMENTO PARA COLETA E ARMAZENAMENTO DE DADOS

A coleta e armazenamento dos dados obtidos nas propriedades deverá seguir uma rotina onde são monitorados dados da biomassa, do biogás e de energia elétrica. No Condomínio, a rotina de coleta e armazenamento de dados deverá englobar, além de parâmetros da MCT, informações também a respeito do gasoduto.

Na Figura 8 apresenta-se um fluxograma que ilustra uma rotina de coleta de dados nas propriedades do condomínio.

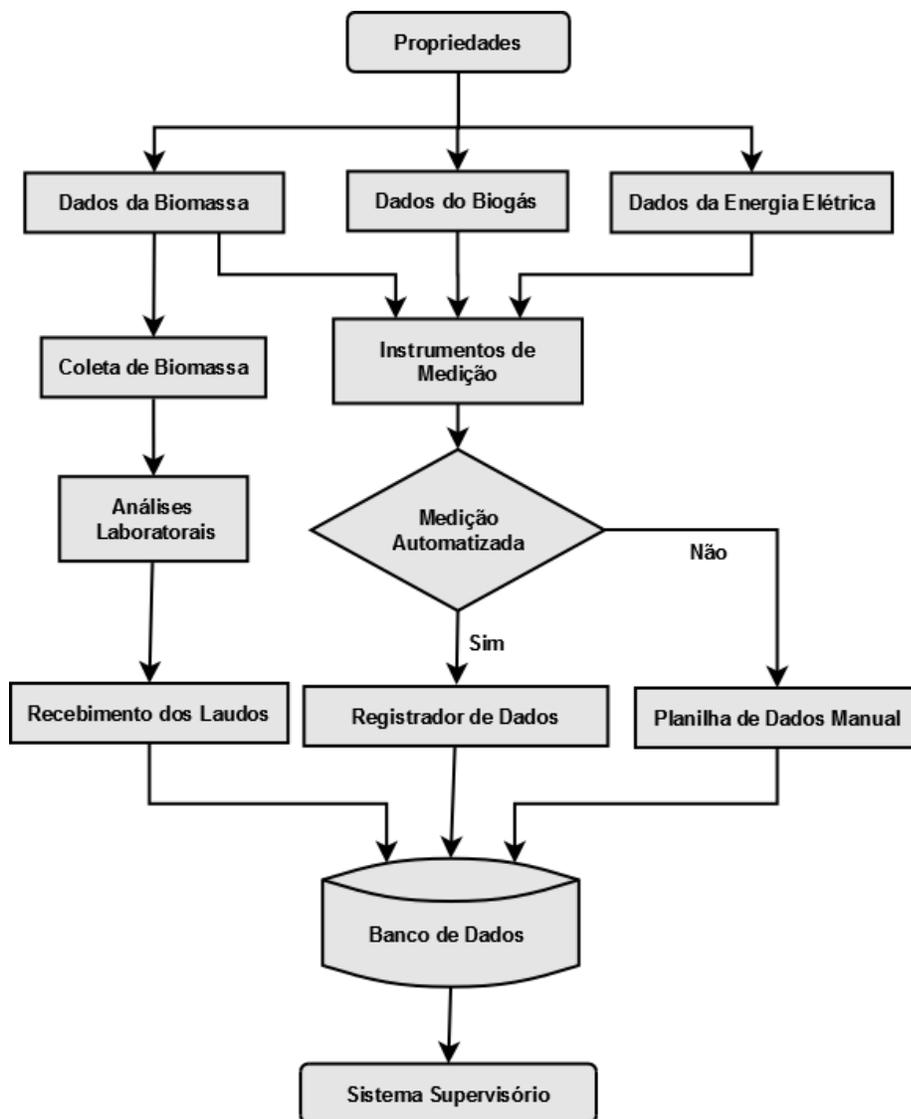


Figura 8. Fluxograma da coleta e armazenamento dos dados nas propriedades

As informações obtidas das propriedades englobam os diversos dados que envolvem a utilização de energia e também da produção de biogás.

Quando possível as informações são coletadas automaticamente através de sensores e registradores de dados e a partir de softwares de coleta de dados essas informações alimentam um banco de dados.

Caso contrário, a utilização de planilhas ajuda a complementar os dados restantes que não podem ser automatizados, e com utilização de interfaces de inserção de dados manuais, as informações podem ser inseridos no banco de dados.

Utilizando um sistema supervisorio desenvolvido para leitura dos dados armazenados no banco, pode-se ter uma visualização da situação da produção de biogás e outras informações, geradas nas propriedades de suinocultura.

Como exemplo, a Figura 9 ilustra um painel elétrico que pode ser utilizado no monitoramento de unidades de biogás, com entrada para diversos tipos de sensores e instrumentos.



Figura 9. Painel de monitoramento para unidades produtivas de biogás

Na mesma lógica, a coleta de informações na MCT e no gasoduto também deverá alimentar de uma forma ou de outra o banco de dados e consequentemente o sistema supervisorio do condomínio.

Para a MCT e gasoduto a Figura 10 ilustra um fluxograma que apresenta a coleta e armazenamento final dos dados.

O sistema supervisorio ou de monitoramento poderá então apresentar as diversas informações relevantes para a produção de biogás e geração de energia elétrica no condomínio.

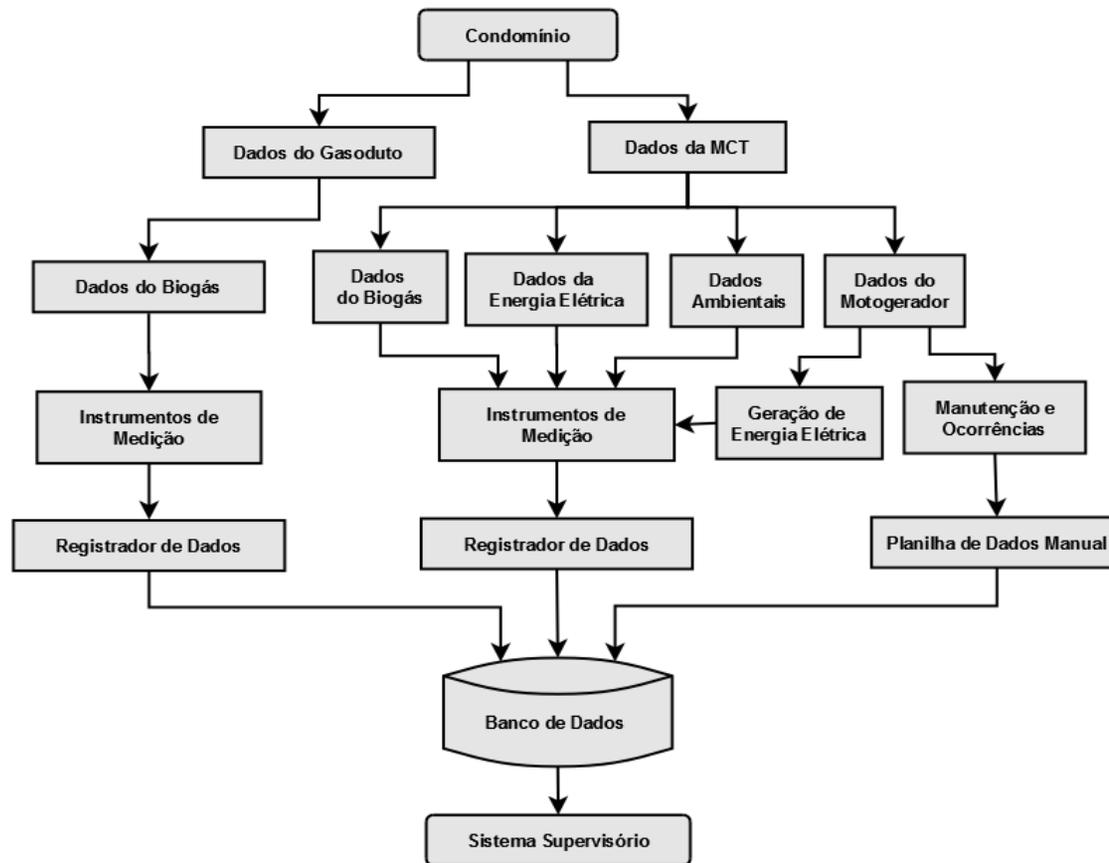


Figura 10. Fluxograma da coleta e armazenamento dos dados no condomínio

5 CONCLUSÕES

A proposta de um plano de monitoramento de propriedades agrícolas, gasoduto e parâmetros da Minicentral Termelétrica (MCT), proporcionará uma confiabilidade do sistema de geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás, sendo importante para comprovação da viabilidade técnica e econômica.

Nesta proposta de plano de monitoramento, os parâmetros principais envolvem, de maneira geral, o monitoramento de biomassa, biogás e energia elétrica com a utilização de instrumentos e sensores que podem permitir a gestão efetiva da operação e manutenção do Condomínio, sendo possível orientar com dados, informações e procedimentos, toda a equipe envolvida na geração de energia elétrica de forma segura e confiável.

Recomenda-se como continuação deste trabalho a elaboração de uma proposta de plano de instrumentação que vise avaliar e listar os principais instrumentos necessários para aquisição dos dados a serem monitorados em um condomínio de agroenergia.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, T.; TAUSEEF, S. M.; ABASSI, S. A. **Biogas Energy**. New York: Springer, 2012. 184 p.
- ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) - Módulo 3**. 5. ed. Brasília: ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 2012. .
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005. .
- BECHTOLD, M. J. **Manutenção Mecânica**. Florianópolis, SC: SENAI/SC, 2010. 73 p.
- BJÖRNSSON, L. *et al.* Evaluation of new methods for the monitoring of alkalinity, dissolved hydrogen and the microbial community in anaerobic digestion. **Water research**, v. 35, n. 12, p. 2833–40, ago. 2001. .
- BLEY JR., C. *et al.* **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu/Brasília: ITAIPU BINACIONAL/FAO, 2009. 140 p.
- BLEY JR., C. (COORDENADOR) *et al.* **Gestão Ambiental da Suinocultura - Manual do Assistente Técnico**. Curitiba: Convênio MMA-PNMAII/ SEMA/ IAP/FUNPAR, 2003. 162 p.
- CELESC. **Requisitos para Conexão de Micro ou Mini Geradores de Energia ao Sistema Elétrico da Celesc Distribuição**. Florianópolis, SC: CELESC, 2013. 30 p.
- CHERNICHARO, C. A. DE L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 720 p.
- COMASTRI FILHO, J. A. Biogás: Independência energética do pantanal mato-grossense. **Comunicado Técnico Embrapa**, p. 53, out. 1981. .
- CORRÊA, J. C. *et al.* Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistema de produção agrícolas e florestais. **Comunicado Técnico Embrapa**, n. 486, p. 1–8, jun. 2011. .
- CORTEZ, L. A. B. *et al.* Biodigestão de Efluentes. *In*: **Biomassa para Energia**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008. . .
- COTTA, J. A. O. *et al.* Validação do método para determinação de nitrogênio kjeldahl total. **Revista Analytica**, v. 26, 2007. .

- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011. .
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **BIPERS**, n. 14, p. 29, 2002. .
- FAEP. Uma radiografia da suinocultura paranaense suinocultura. **Boletim Informativo do Sistema FAEP**, v. 1107, p. 2–5, ago. 2010. .
- FEIDEN, A. **Tratamento de águas residuária de indústria de fécula de mandioca através de biodigestor anaeróbio com separação de fases em escala piloto**. Tese (Doutorado em Agronomia). Botocatu: Universidade Estadual Paulista, 2001. .
- GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2003. .
- GERARDI, M. H. **The Microbiology of Anerobic Digesters**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2003. .
- GRADY, C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. **Biological Wastewater Treatment**. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999. 1076 p.
- IANNICELLI, A. L. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Taubaté: Universidade de Taubaté, 2008. .
- ITAI. **Manual de implantação de geração distribuída de energia elétrica a biogás com saneamento ambiental**. Foz do Iguaçu: Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação, 2011. .
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 940 p.
- JORGE, L. H. DE A.; OMENA, E. **Dossiê Técnico: Biodigestor**. Brasília: SENAI, 2012. 30 p.
- LABATUT, R. A.; GOOCH, C. A. **Monitoring of Anaerobic Digestion Process to Optimize Performance and Prevent System Failure**. In: Got Manure? Enhancing Environmental and Economic Sustainability Conference. **Anais...**New York: AgSTAR, 2012.
- LEITE, V. D.; POVINELLI, J. Comportamento dos sólidos totais no processo de biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 229–232, 1999. .
- LUCAS JÚNIOR, J. DE. **Manejo de dejetos em suinocultura: biodigestores**. In: Seminário Estadual de Suinocultura. **Anais...**Cuiabá: ACRISMAT, 2004.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análise Físico-Químicas e Microbiológicas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2005. 601 p.

MANDAL, T.; KIRAN, B. A.; MANDAL, N. K. Determination of the quality of biogas by flame temperature measurement. **Energy Conversion and Management**, v. 40, n. 11, p. 1225–1228, 1999. .

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea no estabelecimento de capim- elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1878–1885, out. 2009. .

MENEZES, J. F. S. *et al.* Estimativa da Composição Química de Dejetos Líquidos de Suínos da Região de Rio Verde - GO em função da densidade. **Bolétim Técnico - Ano IV**, v. 2, n. 5, 2007. .

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Editora Blucher, 2003. .

OLIVEIRA, P. A. V. DE. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia, SC: Embrapa - CNPSA, 1993. 188 p.

OLIVEIRA, P. A. V. DE; HIRAGASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 42 p.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. DE; NONES, K. **Produção de suínos e meio ambiente**. In: IX Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. **Anais...** Gramado: Embrapa Suínos e Aves, 2001.

PERSSON, M. **Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas**. Malmö, Sweden: Rapport SGC 142, Svenskt Gastekniskt Center, 2003. 85 p.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. Techniques for transformation of biogas to biomethane. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1633–1645, maio. 2011. .

SALOMON, K. R.; TIAGO FILHO, G. L. **Biomassa**. Itajubá: FAPEPE, 2007. 36 p.

SEGANFREDO, M. A. Análise dos riscos de poluição do ambiente quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo. **Comunicado Técnico Embrapa**, p. 1–3, dez. 2000. .

SEIDEL, E. P. *et al.* Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 113–117, 12 jul. 2010. .

SILVEIRA, I. C. T. *et al.* **Monitoramento de biomassa anaeróbia presente em reatores de baixa carga: técnicas convencionais x técnicas da biologia molecular.** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000.

SOUZA, M. E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. **Revista DAE**, v. 44, n. 137, p. 88–94, 1984. .

SPERLING, M. VON. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. 211 p.

SPERLING, M. VON. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452 p.

SPERLING, M. VON. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p.

TIPPAYAWONG, N.; PROMWUNGKWA, A.; RERKKRIANGKRAI, P. Long-term operation of a small biogas/diesel dual-fuel engine for on-farm electricity generation. **Biosystems Engineering**, v. 98, n. 1, p. 26–32, set. 2007. .

TRICHES, G. P. **A suinocultura e o desenvolvimento regional: o caso do alto vale do Itajai - SC.** Cascavel, PR: Universidade Regional de Blumenau, 2003. .

WALSH, J. L. *et al.* Utilization of biogas. **Biomass**, v. 20, n. 3-4, p. 277–290, jan. 1989. .

ZELL, B. **Emissionen von Biogasblockheizkraftwerken.** In: Biogasanlagen - Anforderungen zur Luftreinhaltung. **Anais...**Augsburg: 2002.